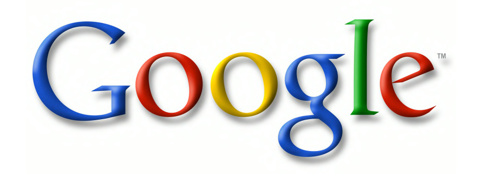

Google




PRESS G 127.
SHELF K.
Nº 1a





VORLESUNGEN

ÜBER

HYSIOLOGIE

VON

ERNST BRÜCKE.

UNTER DESSEN AUFSICHT NACH STENOGRAPHISCHEN AUFZEICHNUNGEN HERAUSGEGEBEN.

ERSTER BAND.

WINTERSEMESTER 1884—1885.

IOLOGIE DES KREISLAUFS, DER ERNÄHRUNG, DER ABSONDERUNG, DER RESPIRATION UND DER BEWEGUNGSERSCHEINUNGEN.

VIERTE VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 89 HOLZSCHNITTEN.

WIEN, 1885.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.



INHALT.

Seite

Die Organismen.

Die Physiologie ist die Lehre von den Organismen. Sie ist die Lehre von den Organismen als Organismen, die Lehre von den Organismen insoferne sie Organismen sind, sie ist die Theorie der Organismen.

Als Organismen bezeichnen wir die lebenden Wesen, die Thiere und die Pflanzen. Sie sind materielle Ganze, die sich in Thätigkeit befinden, und man hat wiederholt die Frage vorgelegt, wodurch sie sich von leblosen materiellen Ganzen, die sich in Thätigkeit befinden, von den Maschinen, welche wir künstlich bauen und in Thätigkeit setzen, unterscheiden.

Thatsächlich sind wir bei dem einzelnen Objecte niemals in Verlegenheit einen Organismus von einem Mechanismus zu unterscheiden. Niemand ist in Verlegenheit einen lebenden Menschen von einem noch so künstlichen Automaten zu unterscheiden, und Vaucanson's fressende und verdauende Ente ist von Niemandem für eine wirkliche Ente gehalten worden. Aber es fragt sich, was ist denn unter den verschiedenen Eigenschaften der Organismen diejenige, die sie am vollständigsten von den Mechanismen abgrenzt?

Man hat als ein solches Kriterium angenommen, dass die Organismen aus einem inneren Grunde thätig seien, während die Mechanismen nur per accidens thätig seien. Mit andern Worten, ein Organismus ist an und für sich in Thätigkeit ohne weiteres Zuthun, aber eine Dampfmaschine muss geheizt werden, damit sie in Thätigkeit komme, eine Uhr muss aufgezogen werden u. s. w. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich aber, dass dieses Kriterium nicht haltbar ist: denn auch Organismen müssen geheizt werden, das heisst, die Thiere müssen Nahrung zu sich nehmen, damit ihr Organismus in Thätigkeit erhalten werde, und wir werden später sehen, dass die Nahrung bei den Thieren eine ganz analoge Rolle spielt, wie die Kohlen, mit denen geheizt wird, bei den Dampfmaschinen.

Man hat ferner gesagt, für einen Organismus ist die Thätigkeit wesentlich, für einen Mechanismus aber unwesentlich; wenn die Thätigkeit eines Organismus aufhört, so geht er auch zu Grunde, er zerfällt; dagegen

bleibt eine Uhr noch immer eine Uhr, wenn sie auch Jahre lang nicht aufgezogen wurde, und eine Dampfmaschine bleibt immer eine Dampfmaschine, wenn sie auch Jahre lang nicht geheizt wird.

Auch dieses Kriterium ist nicht haltbar, indem man Organismen kennen gelernt hat, deren Thätigkeit sistirt werden kann, ohne dass sie deswegen zu Grunde gehen. Kleine Thierchen, Rotatorien und Tardigraden, können vollständig ausgetrocknet werden, können als leblose Stäubchen viel länger, als an und für sich ihre Lebensdauer ist, aufbewahrt werden, und, wenn sie nachher wieder befeuchtet werden, erwachen sie zu neuer Lebensthätigkeit und schwimmen wieder ganz munter im Wasser umher.

Ebensowenig kann man das Fortpflanzungsvermögen als ein Kriterium ansehen. Es ist zwar richtig, dass die Organismen sich fortpflanzen, und dass die Mechanismen sich niemals fortpflanzen, aber von einem Kriterium, welches die beiden Abtheilungen von einander trennt, verlangen wir, dass es auf alle Organismen und auf jeden einzelnen Organismus anwendbar sei, und das ist mit der Fortpflanzungsfähigkeit nicht der Fall. Ein Organismus kann seine Fortpflanzungsfähigkeit verlieren, ohne dass er darum aufhört ein Organismus zu sein. Ja, nicht allein einzelne Individuen, sondern ganze bestimmte Reihen von Individuen werden niemals fortpflanzungsfähig, wie dies bekannt ist von den verkrüppelten Weibchen, den sogenannten Arbeiterinnen, bei den Bienen, von den Soldaten bei den Ameisen u. s. w.

Vielleicht mit mehr Glück hat man als Kriterium aufzustellen versucht, dass jeder Organismus von Seinesgleichen erzeugt sein, oder doch von Seinesgleichen abstammen muss. Das ist ein Kriterium, das allerdings auf alle jetzt existirenden Organismen passt. Das ist aber nicht genug. Das Kriterium, welches wir suchen, soll auf alle Organismen passen, nicht nur auf diejenigen, die jetzt existiren, sondern auch auf alle, die existiren werden, und auf alle, die existirt haben. Auf diese letzteren aber können wir dieses Kriterium nicht anwenden, denn wir würden dadurch zu dem Schlusse gelangen, dass alle Arten von Organismen, die jetzt existiren, auch von Ewigkeit her existirt hätten, eine Annahme, welche aller Erfahrung widerspricht, und zu welcher keine der Schöpfungstheorien von den ältesten bis auf die neuesten gelangt ist.

Man sieht also, dass es nicht so leicht ist, die Organismen principiell von den Mechanismen zu trennen, wie man auf den ersten Anblick geglaubt hat. Nichtsdestoweniger existirt ein Unterschied, durch den sie vollkommen von einander geschieden sind. Die Organismen haben ein Vermögen, welches den Mechanismen gänzlich abgeht, sie haben das Vermögen, fremde Substanzen in sich aufzunehmen und in ihre eigene Substanz umzuwandeln und auf Kosten dieser so erworbenen Substanzen zuzunehmen, zu wachsen, beziehungsweise Substanzverluste zu ersetzen. Dieses Vermögen nennt man das Assimilationsvermögen. Der Werth dieses Kriteriums wird sich noch besonders zeigen, wenn wir die Thiere und Pflanzen mit einander vergleichen, und die Thiere und Pflanzen von einander abzugrenzen suchen. Es wird sich dann zeigen, dass in diesen beiden grossen Abtheilungen der Assimilationsprocess in wesentlich verschiedener Weise von statten geht, und dies eben wiederum das einzige Kriterium abgibt, um Thiere und Pflanzen von einander zu trennen.

Die Materie.

Ehe wir hiezu übergehen, müssen wir uns noch einigen über die Vorstellungen, welche wir uns von der Materie machen, und über die Kräfte, die wir uns als in derselben wirksam denken. Descartes stellte als den Grundpfeiler seiner Philosophie, als das einzige unbestreitbare Axiom den Satz auf: Cogito, ergo sum, ich denke und deshalb muss ich existiren. Dasjenige aber, was in uns denkt, das Ich, das fühlen wir fortwährend verändert, und es geht in unsere Vorstellung nicht hinein, dass für diese Veränderungen keine äusseren Ursachen vorhanden sein sollen. Die Aussendinge, die unser Ich verändern, bezeichnen wir, insofern sie ausgedehnt sind, mit dem Namen der Materie.

Es entsteht nun weiter die Frage, ob wir uns diese Materie vorstellen sollen als ein Continuum, als ein einheitliches Ganzes, oder ob wir uns dieselbe vorstellen sollen als zusammengesetzt aus einer grossen Menge von sehr kleinen Theilen. Durch das physikalische Studium der Körper haben wir eine Reihe von Eigenschaften an denselben kennen gelernt, welche ihnen gemeinsam zukommen, und aus welchen wir deshalb gewissermassen die Diagnose der körperlichen Dinge gemacht haben. Unter diesen Eigenschaften ist auch die Theilbarkeit. Wir können einen Körper in immer kleinere und kleinere Theile zerlegen, ohne dass sich von vorneherein sagen liesse, wo sich denn die Grenze dafür findet. Wir wissen aber weiter, dass ein Körper sich in der Wärme ausdehnt, ohne dass etwas zu ihm hinzukommt, und dass er in der Kälte einen kleineren Raum einnimmt, ohne dass etwas von ihm weggegangen ist. Nun geht es aber in unser Vorstellungsvermögen nicht hinein, dass ein continuirliches, einheitliches Ganzes sich verkleinern könnte, ohne dass etwas von ihm hinweggeht, oder dass es sich vergrössern könnte, ohne dass etwas hinzukommt. Wohl aber geht es in unser Vorstellungsvermögen hinein, dass ein Körper zusammengesetzt sein könne aus einer grossen Menge von kleinen Theilchen, die sich das eine Mal an einander annähern, so dass der ganze Körper kleiner wird, und das andere Mal sich von einander entfernen können, so dass der ganze Körper grösser wird. Dies ist der Ausgangspunkt für die Atomtheorie. Ursprünglich werden also diejenigen Theile als die Atome des Körpers bezeichnet, welche an und für sich eine constante Grösse haben, welche aber die Grösse des ganzen Körpers dadurch verändern, dass sie sich einmal an einander annähern und das andere Mal weiter von einander entfernen.

Man hat der Atomtheorie vorgeworfen, dass sie in sich einen Widerspruch enthalte, denn der Name Atom rühre her von τέμνειν schneiden und dem α privativum. Atom bezeichne also ein Theilchen, das nicht mehr getheilt werden könne, während man doch in der Idee mit dem Theilen niemals zu Ende komme und nur durch äussere Schwierigkeiten an dem weiteren Theilen gehindert sei. — Das Wort Atom wird aber in diesem etymologischen Sinne gar nicht mehr gebraucht, sondern wir bezeichnen mit dem Namen Atom nur solche Theilchen, welche ihre Grösse nicht mehr verändern, die nur die Grösse anderer Theilchen, der sogenannten Moleküle oder Partikel, oder des Ganzen verändern, dadurch,

dass sie sich weiter von einander entfernen oder dass sie sich mehr an einander annähern.

Für die jetzige Nomenclatur ist der Grund von Ampère gelegt worden. Ampère unterschied zwischen Partikeln, Molekülen und Atomen. Er sagt: Partikel ist ein Theilchen eines Körpers, in welchem noch der Aggregatzustand des Körpers repräsentirt ist, der also an einem starren Körper noch starr, an einem tropfbarflüssigen noch tropfbarflüssig, an einem gasförmigen noch gasförmig ist. Dieses Partikel ist wiederum aus Molekülen zusammengesetzt. Die einzelnen Moleküle repräsentiren aber nicht mehr den Aggregatzustand, sondern man hat sie sich ausnahmslos als starr vorzustellen, das heisst, man hat sich vorzustellen, dass die Theilchen des Moleküls, soweit sie sich bewegen, sich um fixe Gleichgewichtslagen bewegen. Diese Moleküle setzen sowohl die starren Körper als auch die tropfbarflüssigen und die gasförmigen zusammen. Sie setzen starre Körper zusammen, wenn sie so mit einander verbunden sind, dass sie gleichfalls ihre Bewegungen nur um fixe Gleichgewichtslagen ausführen. Sie constituiren tropfbarflüssige Körper, wenn sie so unter einander verbunden sind, dass sie sich um veränderliche, und zwar schon durch die Schwere der Massen selbst veränderliche Gleichgewichtslagen bewegen, und endlich constituiren sie gasförmige Körper, wenn sie nach allen Richtungen auseinanderstieben oder doch nach allen Richtungen auseinanderzustieben suchen.

Dieses Auseinanderstieben der Moleküle stellt man sich heutzutage etwas anders vor als früher. Man unterscheidet unter den Atomen zweierlei Arten von Atomen, sogenannte materielle oder ponderable Atome und Aetheratome, das heisst Atome, welche auf die Wage drücken, und Atome, welche nicht auf die Wage drücken. Die ponderablen Atome ziehen sich unter einander an und die Aetheratome werden von den Körperatomen angezogen, aber sie stossen sich unter einander ab. Man sieht leicht ein, dass bei diesem Verhältnisse jedes ponderable Atom um sich eine Hülle von Aetheratomen erhalten muss, die sich unter einander abstossen, aber von dem Körperatome angezogen werden. Wenn deshalb die Körperatome sich bis zu einem gewissen Grade einander genähert haben, überwiegt die Abstossung, sie können sich nun nicht mehr weiter an einander annähern, sie können deshalb niemals zusammenfallen, sondern die ganze Materie ist zu denken als aus Atomen zusammengesetzt, die gruppenweise angeordnet und durch gewisse, bald grössere, bald geringere Entfernungen von einander getrennt sind.

Nun sagte man früher von den gasförmigen Körpern einfach, es überwiege bei ihnen die Abstossung und in Folge dessen suchten die einzelnen Moleküle auseinanderzustieben: heutzutage, seit eben die mechanische Wärmetheorie ausgebildet ist, seit man weiss, dass die Wärme eine Bewegungserscheinung ist, sagt man, die Körper sind gasförmig, wenn ihre Moleküle durch eine translatorische Geschwindigkeit fortgetrieben, fortgeschleudert werden. Die Theilchen der tropfbaren Flüssigkeiten stellt man sich zwar gleichfalls in Bewegung vor, und in um so grösserer Bewegung, je wärmer die Flüssigkeit ist, aber man stellt sich nicht vor, dass sie auseinanderstieben, sondern man stellt sich eine solche Flüssigkeit eher vor, wie ein berühmter Physiker einmal sagte, wie einen Haufen Würmer, die durcheinanderkriechen. An der Oberfläche aber reissen sich

die Theilchen vermöge der ihnen innewohnenden Bewegung los, und fliegen fort, bis sie gegen ein Hinderniss anschlagen, von welchem sie wieder zurückprallen. Darauf beruht der Uebergang einer Flüssigkeit in Gasform, die Verdunstung an der Oberfläche der Flüssigkeit, die Verwandlung von Wasser in Dampf, ein Process, der immer mehr gesteigert wird, je mehr ich dem Wasser Wärme zuführe, das heisst in je heftigere Bewegung ich seine Moleküle setze, und der Druck, den der Wasserdampf auf den Stempel einer Dampfmaschine ausübt, beruht auf all den successiven Stössen, welche die einzelnen Moleküle des Dampfes ausüben, die durch ihre translatorische Geschwindigkeit gegen den Stempel getrieben werden.

Die Moleküle sind nun wieder aus kleineren Theilen zusammengesetzt, die untereinander in Bewegung sind, und die man eben als Atome im physikalischen Sinne des Wortes, als Atome im Sinne Ampère's bezeichnet. Unter diesen unterscheidet man dann wieder, wie ich vorhin schon bemerkt habe, ponderable Atome und Aetheratome.

Dieser sogenannten atomistischen Vorstellung von der Materie wird eine andere entgegengestellt, welche in ihrer Betrachtung nicht von den kleinsten Theilen der Materie als solchen ausgeht, die vielmehr von den Kräften ausgeht, welche wir in den kleinsten Theilen der Materie als wirksam annehmen müssen. Nach dieser Ansicht heisst es: Das, was uns zunächst verändert, sind nicht die materiellen Dinge selbst, sondern die Wirkungen, welche von den materiellen Dingen ausgehen, und die Ursachen dieser Wirkungen sind die Kräfte, welche der Materie innewohnen; von ihnen müssen wir deshalb auch zunächst ausgehen und aus ihnen die ganzen Eigenschaften der Materie ableiten. Diese Anschauung nimmt deshalb nicht sowohl Atome, kleine materielle Theile an, als vielmehr punktförmige immaterielle Kraftcentren, von welchen die Kräfte als Ursachen der Wirkungen, welche die materiellen Theile auf einander und auf uns ausüben, ausgehen.

Die Lehre von den immateriellen Kraftcentren hat im Ganzen unter den Physikern und unter den Chemikern keinen bedeutenden Anhang gefunden, und der Grund davon lässt sich auch leicht einsehen. Es fragt sich zunächst, ist es wirklich richtiger, in dieser Weise zu Werke zu gehen, von den Kräften anzufangen? Da muss man sich fragen, was sind denn diese Kräfte? Sind diese Kräfte die wirklichen Ursachen der Erscheinungen? Das sind sie durchaus nicht, denn die wirklichen Ursachen der Veränderungen, welche vorgehen, sind immer wieder Veränderungen, und so geht es in unendlicher Kette fort. Nur weil wir diese unendliche Kette nicht verfolgen können, darum haben wir gewisse Symbole für die gedachten Ursachen der Veränderungen aufgestellt, und diese nennen wir Kräfte. Ich soll mir also hier Kräfte vorstellen, die blos Gegenstand der Abstraction sind, und soll mir immaterielle Kraftcentren denken, an denen ich zunächst die allgemeine Eigenschaft der Materie, die Ausdehnung gänzlich läugne, denn diese Centren sollen punktförmig sein. Hiemit enthält die Lehre von den immateriellen Kraftcentren sogar eine Hypothese, welche die Atomtheorie nicht enthält. Die Atomtheorie verlangt nur von ihren kleinsten Theilchen, von den Trägern der gedachten Ursachen der Erscheinungen, dass sie eine constante Grösse haben. Die Lehre von den immateriellen Kraftcentren verlangt aber dafür, dass sie eine im mathematischen Sinne relativ bestimmte Grösse haben, dass sie nämlich unendlich klein seien.

Fragen wir uns, zu welchem Zwecke bilden wir denn überhaupt eine bestimmte Vorstellung über die Beschaffenheit der Materie aus? Von den Dingen selbst wissen wir überhaupt nichts. Wir wissen nur etwas von ihnen, und wir beurtheilen sie nur, insofern sie mit unserm Sensorium in Beziehung treten, und wir entwerfen uns bestimmte Vorstellungen von der Materie, einerseits um die Erscheinungen, welche wir an derselben wahrnehmen, der Rechnung unterziehen zu können, und zweitens um uns von Vorgängen, die wir nicht direct mit den Sinnen verfolgen können, auf inductivem Wege möglichst deutliche Vorstellungen zu machen. In Rücksicht auf die Rechnung ist es vollkommen gleichgültig, ob man der Atomtheorie oder der Theorie von den immateriellen Kraftcentren anhängt. Beide geben in der Weise analoge Daten für die Rechnung, dass das Resultat, zu dem man schliesslich gelangt, immer dasselbe sein muss. Wenn es sich aber um die Vorstellung handelt, die ich mir von gewissen Vorgängen machen soll, die man nicht mit den Sinnen verfolgen kann, so bietet mir die Atomtheorie viel mehr, als mir die Lehre von den immateriellen Kraftcentren bieten kann.

Ich muss, wie ich später ausführen werde, die Erscheinungen zuletzt auf Bewegungen der kleinsten Theilchen zurückführen. Ich kann die Erscheinungen bis zu einer gewissen Grenze mit den Sinnen verfolgen, indem ich mein Auge bewaffne: aber das geht nur bis zu einer gewissen Grenze; darüber hinaus muss ich meine Vorstellungen auf dem Wege der Induction ableiten und ausbilden, um zuletzt auf die Vorstellung von den Bewegungen der kleinsten Theile zu kommen. Materielle Theile habe ich von verschiedener Grösse gesehen, ich kann sie mir gross, klein, sehr klein, und auch von constanter Grösse vorstellen, und weiter verlangt die Atomtheorie von mir nichts. Ich kann mir auch die Bewegungen dieser kleinsten Theilchen gegeneinander vorstellen, denn Bewegungen materieller Theile und materieller Ganzer habe ich oft genug gesehen. Dagegen verlangt aber die Lehre von den immateriellen Kraftcentren, dass ich mir erstens diese Kraftcentren als mathematische Punkte vorstellen soll, die ich niemals als solche gesehen, und zweitens, dass ich mir Kräfte vorstellen soll, für welche auch kein Material in meinem Sensorium vorhanden ist, welche ich gleichfalls nur als Abstraction kenne, eigentlich nur als Supposition, als eine Hypothese für gedachte Ursachen der Erscheinungen. Das ist der Grund, weshalb die Naturforscher im Grossen und Ganzen der Atomtheorie als solcher anhängen. Sie leistet eben für ihre Zwecke mehr als die ihr gegenübergestellte Anschauungsweise.

Ich habe Ihnen gesagt, dass die Kräfte die gedachten Ursachen der Erscheinungen seien. Der Ausdruck Kraft ist ursprünglich etwas, was wir von unseren eigenen körperlichen Anstrengungen hergenommen haben. Wenn ich eine Last aufhebe, so sage ich, ich wende Kraft an, ich habe die Kraft dazu, sie aufzuheben. Kann ich eine grosse Last aufheben, so sage ich, ich habe viel Kraft. Kann ich nur eine kleine Last aufheben, so sage ich, ich habe wenig Kraft. Ich sehe nun, dass ein Magnet ein Eisenstück anzieht, dass er es in die Höhe hebt, und ich supponire in derselben Weise in dem Magneten eine Kraft, durch welche dieses Eisenstück gehoben wird. Thatsächlich war die Ursache der Bewegung des Eisenstücks offenbar die, dass der Magnet in die Nähe desselben gebracht wurde; hier theilte sich wieder die Kette der reellen Ursachen zwischen

demjenigen, der den Magnet zum Eisenstück brachte, und demjenigen, der den Magnet ursprünglich gefertigt, der ihn geschmiedet, der ihn mit einem Magnet gestrichen, dann den Veränderungen, welche in Folge des Streichens im Innern des Magneten vorgingen u. s. w. Kurz, die Kette der reellen Ursachen läuft sehr bald in solche Complicationen aus, dass wir sie nicht weiter verfolgen können, und deshalb haben wir für die Erscheinungen gewisse gedachte Ursachen und Symbole dieser gedachten Ursachen hingestellt, nach welchen wir die Veränderungen messen und nach welchen wir spätere und frühere, welche uns bereits bekannt sind, berechnen. Diese Symbole, welche wir für die gedachten Ursachen gemacht haben, sind es, die wir mit dem Namen der Kräfte bezeichnen.

Es ist nun klar, dass wir um so mehr verschiedene Arten von Kräften haben müssen, je mehr uns die reellen Ursachen der Dinge unbekannt sind. Als man die magnetischen Erscheinungen kennen lernte, hatte man eine magnetische Kraft, als man die elektrischen Erscheinungen kennen lernte, hatte man eine elektrische Kraft. Man hatte einen horror vacui, ehe man das allgemeine Gesetz der Schwere kannte. Man hatte endlich und hat zum Theil noch jetzt für die Summe der Erscheinungen, die an einem lebenden Organismus vorgehen, die sogenannte Lebenskraft, als die gedachte Ursache, welche man an die Stelle der gesammten Summe der reellen Ursachen setzt, die eben die Veränderungen in dem lebenden Organismus hervorbringen.

Je mehr man die reellen Ursachen der Erscheinungen verfolgen konnte, um so mehr musste sich die Lehre von den Kräften vereinfachen. So sehr sie sich aber auch vereinfacht, so muss man doch sagen, dass man schliesslich über zwei Arten von Kräften nicht hinauskommen wird, die anziehende und abstossende Kraft. Wir haben zuletzt Alles zurückzuführen auf die Bewegung der kleinsten Theilchen, denn nur die Bewegungserscheinungen sind es, welche wir als Veränderungen an den Körpern wahrnehmen, nur Bewegungserscheinungen wirken auf uns, indem sie eben andere Bewegungserscheinungen in unseren Sinneswerkzeugen und auf diese Weise Vorstellungen hervorrufen. Die einfachste Bewegung aber, die wir kennen, und auf welche wir alle anderen zurückführen, ist die Annäherung zweier Theile aneinander und die Entfernung zweier Theile von einander. Wenn Sie sich zwei einheitliche und einzeln für sich unveränderliche Massen für sich allein im unendlichen Raume unabhängig von allen übrigen denken, so kann an diesen Massen nur zweierlei Veränderung vorgehen, entweder sie nähern sich einander oder sie entfernen sich von einander. Die Ursachen für die eine Veränderung bezeichnen wir mit dem Namen der anziehenden Kraft, die Ursache der andern bezeichnen wir mit dem Namen der abstossenden Kraft.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Wir unterscheiden die Kräfte noch in einer andern Beziehung, wir unterscheiden sie als Bewegungsursachen, die selbst nicht Bewegung sind, als ruhende Bewegungsursachen, sogenannte Spannkräfte, und als Kräfte, welche selbst schon Bewegung sind, durch welche dann wieder Bewegung hervorgerufen, übertragen wird, sogenannte lebendige Kräfte. Es wird Ihnen das am besten an einem Beispiele deutlich werden.

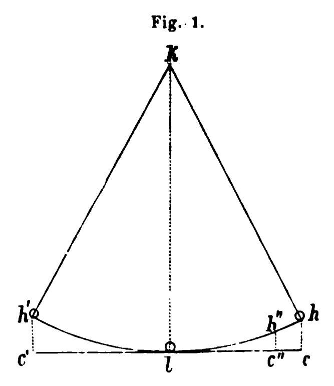
Denken Sie sich, Sie hätten irgend einen leicht beweglichen Körper aufgestellt, und schössen von einem Bogen einen Pfeil gegen denselben, so wird der Pfeil, wenn er das Ziel trifft, auf den leicht beweglichen Körper stossen und denselben in Bewegung setzen. Das, was hier im Pfeile wirksam ist, ist lebendige Kraft, denn der Pfeil bewegt sich selbst und setzt den andern Körper in Bewegung, indem er einen Theil seiner eigenen Bewegung an ihn überträgt. Der Pfeil seinerseits ist von der Sehne des Bogens fortgetrieben worden. Als die Sehne in Bewegung war, war in ihr auch lebendige Kraft wirksam, und sie hat einen Theil dieser lebendigen Kraft an den Pfeil übertragen und dadurch denselben in Bewegung gesetzt. Als die Sehne aber noch in Ruhe war, als sie festgehalten wurde, nachdem der Bogen schon gespannt war, da war in ihr noch keine lebendige Kraft thätig, denn die Sehne selbst war nicht in Bewegung, aber es war schon Bewegungsursache in ihr vorhanden, dadurch erzeugt, dass der Bogen gespannt worden war. Diese Bewegungsursache, welche noch nicht Bewegung ist, durch welche aber Bewegung erzeugt werden kann, bezeichnen wir mit dem Namen Spannkraft.

Es gibt ein wichtiges Gesetz, das sogenannte Gesetz von der Erhaltung der Kraft, welches aussagt, dass in einem Systeme, welches keiner Einwirkung von aussen her ausgesetzt ist, die Summe, welche man durch Addition sämmtlicher lebendiger Kräfte und sämmtlicher Spannkräfte erhält, immer dieselbe bleibt, mit andern Worten, dass in einem solchen Systeme niemals Bewegungsursache verloren geht oder zuwächst, sondern immer nur Spannkraft in lebendige Kraft, oder lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt wird.

Wir wollen das zuerst an einem möglichst einfachen Systeme betrachten, am sogenannten mathematischen Pendel. Denken Sie sich, Sie hätten ein Pendel, welches ohne Reibung aufgehängt ist, welches keinen Luftwiderstand zu überwinden hat, so würde es während einer unendlich langen Zeit im Gange bleiben, und wenn man die Pendellinse nach einer Seite zu einer gewissen Höhe hinaufgehoben hätte, würde sie nach der andern Seite um ebensoviel hinaufsteigen u. s. f. Die Elongation, welche die Pendellinse macht, würde immer dieselbe bleiben. Es stellt ein solches System, das keiner Einwirkung von aussen ausgesetzt ist, einen fallenden Körper dar, bei dem der Fall unter einer gewissen Beschränkung stattfindet, nämlich so, dass der fallende Körper von einem bestimmten Punkte im Raume, dem gedachten Aufhängepunkte des Pendels, stets gleich weit entfernt bleiben muss, so dass er sich also auf einer Kugelschale bewegt. Wir wollen der Einfachheit halber noch die weitere Beschränkung hinzufügen, dass er sich in einer Ebene bewegen und nicht rollen soll, so dass also sein Schwerpunkt einen Kreisbogen beschreibt, wie es der Schwerpunkt eines gewöhnlichen Uhrpendels thut. Denken Sie sich, $k\,l$ stelle das Pendel in seiner Gleichgewichtslage dar, so muss offenbar eine gewisse Kraft angewendet werden, um die Pendellinse l bis h zu bewegen. Die Pendellinse muss zur Höhe $h\,c$ gehoben werden; dazu wird eine gewisse Summe von Arbeit verbraucht. Wie kann ich diese Arbeit messen? Wie kann ich sie ausdrücken? Diese Arbeit messe ich, indem ich das bewegte Gewicht, welches gleich ist der Masse m multiplicirt mit der Constanten für die Anziehungskraft der Erde, der sogenannten Erdschwere g, multiciplire mit der Höhe h, zu welcher es gehoben wird:

denn die Arbeit ist direct und einfach proportional dem Gewichte, das gehoben werden muss, und direct und einfach proportional der Höhe, zu der es gehoben werden muss. Dann habe ich, wenn ich die Höhe mit h bezeichne, die Arbeit $m\,g\,h$, welche dazu gehört, das Gewicht $m\,g$ auf die Höhe h zu heben. Wenn ich die Pendellinse nun loslasse, so wird sie ihrer Gleichgewichtslage zufallen, sie wird dabei, wie jeder fallende Körper, eine immer grössere Geschwindigkeit erlangen; in demselben Grade wird sie aber auch die sie treibende Spannkraft verbrauchen. Die Bewegungsursache, welche wir erzeugten, indem wir die Pendellinse aus ihrer Gleichgewichtslage brachten, wird verbraucht. Endlich, wenn die Pendellinse in der Gleichgewichtslage angekommen ist, ist die Spannkraft $= 0$. Aber die lebendige Kraft wird jetzt im Maximum sein, und vermöge dieser lebendigen Kraft wird die Pendellinse nach der andern Seite um ebensoviel hinaufsteigen, wie sie vorher gefallen war. Es wird hiebei umgekehrt lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt, und da die Höhe $c'\,h'$, zu der die Linse aufsteigt, gleich der Höhe $c\,h$ ist, von der sie ausging, so wird dieselbe Summe von Spannkraft, dieselbe Summe von ruhender Bewegungsursache erzeugt werden, wie diejenige, die ursprünglich vorhanden war. Wenn die Höhe h wieder erreicht ist, so ist damit auch die ganze lebendige Kraft verbraucht, das heisst also, die Geschwindigkeit der Pendellinse ist Null geworden. Dann wird sie wieder der Spannkraft folgen, sie wird gegen ihre Gleichgewichtslage zurückfallen, sie wird in der Gleichgewichtslage wiederum das Maximum der Geschwindigkeit erreichen u. s. f.

Fig. 1.



Wir haben vorhin gesehen, wie wir die Arbeit messen, welche dazu nöthig ist, um eine gewisse Summe von Spannkraft zu erzeugen; wir wollen jetzt sehen, wie wir die lebendige Kraft bezeichnen müssen, die eben dieser Summe von Spannkraft gleich ist. Nach der bekannten Formel für den freien Fall ist die Geschwindigkeit, welche ein Körper beim Fallen erreicht, $v = \sqrt{2gh}$, das heisst sie ist gleich der Quadratwurzel aus dem doppelten Producte der Höhe, welche der Körper durchfallen hat, und der Constanten für die Anziehungskraft der Erde, der sogenannten Erdschwere. Demnach ist $v^2 = 2gh$, $mv^2 = 2mgh$ und $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$. Wenn wir also hier die Summe der Spannkraft, welche wir hervorgebracht haben, mit mgh bezeichnen, so müssen wir die Summe von lebendiger Kraft, welche durch ihre Verwandlung erzielt worden ist, mit $\frac{1}{2}mv^2$ bezeichnen. Da die Wirkung, welche ein stossender Körper auszuüben vermag, abhängig ist von der lebendigen Kraft, welche er an einen andern, an den gestossenen, übertragen kann, so ist sie im günstigsten Falle, nämlich dann, wenn ihm Gelegenheit geboten wird, seine ganze lebendige Kraft an den gestossenen zu übertragen, gleich der Masse des stossenden Körpers, multiplicirt mit dem halben Quadrate seiner Geschwindigkeit.

Das, was für eine einzelne Masse gilt, das gilt für jedes System von noch so vielen Massen, wenn nur das System, um welches es sich handelt, keinen äusseren Einwirkungen ausgesetzt ist, das heisst, wenn ihm von aussen keine Bewegungsursachen zugeführt werden, und es zugleich keine Gelegenheit hat, nach aussen hin Bewegungsursachen abzugeben. Für ein jedes solches unabhängiges oder, wenn man will, isolirtes System gilt das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Es kommt dazu noch ein Corollar, welches aussagt, dass, wenn nach noch so vielen Bewegungen die einzelnen Massen sämmtlich wieder an ihren Ort zurückgekehrt sind, die Summe der Spannkräfte und die Summe der lebendigen Kräfte eben so gross sind wie früher. Sie können sich dies wieder leicht an unserem Beispiele, dem Pendel, veranschaulichen. Denken Sie sich, die Pendellinse wäre in h'' angekommen, sie befinde sich also noch ausserhalb der Gleichgewichtslage in der Höhe $c''\ h''$ über deren Niveau; so wird die Spannkraft, welche in ihr thätig ist, gleich sein mgh'', und die Summe der lebendigen Kräfte, welche in ihr thätig ist, wird gleich sein $mgh—mgh''$. Wenn nun die Pendellinse noch so viele Bewegungen hin und her macht, so wird immer, wenn sie an diesen selben Ort kommt, die Summe der Spannkräfte und der lebendigen Kräfte wieder eben so gross sein, wie sie früher war. Das, was hier für die einzelne Masse gilt, gilt bei jedem unabhängigen, bei jedem isolirten Systeme für alle Massen, welche dasselbe zusammensetzen.

Wir haben bis jetzt an einem idealen Apparate demonstrirt, an einem Apparate, der sich nicht realisiren lässt, an einem Pendel, das nicht nur ohne Luftwiderstand, sondern auch ohne Reibung im Aufhängepunkte geht. Sie wissen, dass alle noch so gut aufgehängten Pendel, die nicht durch äussere bewegende Kräfte in Bewegung gesetzt werden, nach kürzerer oder längerer Zeit zur Ruhe kommen, und man sagte Ihnen, dass dies geschehe theils durch den Luftwiderstand, theils durch die Reibung. Wie das Pendel an bewegender Kraft durch den Luftwiderstand verliert, können Sie sich leicht denken. Es stösst die Lufttheilchen fort, und, indem es dies thut, muss es einen Theil seiner eigenen bewegenden Kraft an die Lufttheilchen übertragen. Was ist aber das, was wir mit Reibung bezeichnen, wo bleibt hier die bewegende Kraft? Das erfahren wir, wenn wir Reibung im Grossen erzeugen: wir merken dann, dass durch die Reibung Wärme entsteht, und wir werden hiedurch dazu geführt, dass auch Wärme eine Bewegungserscheinung und eine bestimmte Form der lebendigen Kraft sein muss, nur eine andere als die gewöhnliche mechanische Bewegung, die Massenbewegung. In der That unterscheiden sich beide dadurch, dass sich bei der einen, bei der gewöhnlichen mechanischen Bewegung, die ganzen Massen bewegen, dass sich dagegen bei derjenigen Bewegung, die wir mit dem Namen Wärme bezeichnen, die kleinsten Theilchen gegen einander bewegen. Wir wissen also auch jetzt, warum ein Pendel durch die Reibung zur Ruhe kommen kann, wir wissen, warum durch die Reibung bewegende Kraft verloren geht. Es ist eben bewegende Kraft, die von den ganzen Massen auf die kleinsten Theilchen übertragen wird, so, dass diese sich gegen einander oder um einander bewegen.

Wenn aber dies richtig ist, so müssen auch die Spannkräfte, welche sich in lebendige Kräfte umsetzen, nicht immer blos sichtbare Bewegung

sondern sie müssen auch Wärme erzeugen können. Es müssen die lebendigen Kräfte, welche erzeugt werden, in zweierlei Art zur Erscheinung kommen können, erstens als Massenbewegung, als Bewegung im gewöhnlichen Sinne des Wortes, und zweitens als Bewegung der kleinsten Theilchen, als Wärme. Das ist auch in der That der Fall. Wir wissen, dass bei den chemischen Processen theils Wärme gebildet wird, theils Wärme, wie man sich ausdrückt, latent wird, oder, wie wir jetzt lieber sagen wollen, Wärme verloren geht. Denn die Wärme, von welcher man nach der alten Ausdrucksweise sagte, dass sie latent werde, die existirt nicht mehr als Wärme, sie ist entweder umgewandelt worden in Massenbewegung oder in Spannkraft. Diejenigen chemischen Processe, bei denen Wärme verloren geht, das sind solche, bei welchen lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt wird; diejenigen chemischen Processe, bei denen Wärme entsteht, das sind solche, bei welchen Spannkraft in lebendige Kraft umgesetzt wird, die dann zunächst als Wärme zur Erscheinung kommt und secundär in Massenbewegung umgesetzt werden kann. Bekanntermassen sind dies theils solche Processe, in denen einfache Körper, die eine grosse chemische Verwandtschaft zu einander haben, sich mit einander verbinden, theils solche Oxydationsprocesse, bei welchen niedrig oxydirte und hoch zusammengesetzte Verbindungen, indem sie Sauerstoff an sich reissen, in einfachere, höher oxydirte zerfallen. Dagegen sind diejenigen chemischen Processe, bei welchen aus einfachen, hoch oxydirten Verbindungen hoch zusammengesetzte und verhältnissmässig niedrig oxydirte hervorgehen, solche, bei denen Wärme gebunden wird oder, richtiger gesagt, Wärme verschwindet.

Es steht das in einem bestimmten Zusammenhange mit dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft, und die Art dieses Zusammenhanges lässt sich wiederum an unserem einfachen Beispiele vom Pendel demonstriren. Als das Pendel am meisten aus seiner Gleichgewichtslage herausgehoben war, war die Summe der Spannkräfte am grössten; wie es aber seiner Gleichgewichtslage zufiel, nahm die Summe der lebendigen Kräfte zu, und die Summe der Spannkräfte nahm ab. Die Summe der lebendigen Kräfte erreichte das Maximum, als die Pendellinse in der Gleichgewichtslage war, zu dieser Zeit war aber die Spannkraft = 0. Als die Pendellinse aus der Gleichgewichtslage wieder herausging und dem Maximum der Ausweichung zustrebte, wurde die Menge der Spannkraft vermehrt und die der lebendigen Kraft vermindert. Ebenso kann man im Allgemeinen sagen, wenn in einem Systeme sich die einzelnen sich bewegenden Massen der endlichen Gleichgewichtslage nähern, so wird in dem Systeme die Summe der lebendigen Kräfte vergrössert, und wenn die Theilchen sich von der endlichen Gleichgewichtslage entfernen, wird die Summe der Spannkräfte auf Kosten der lebendigen Kräfte vergrössert, also die lebendigen Kräfte nehmen ab.

Auf die chemischen Processe angewendet, sind die einen, diejenigen, bei welchen Wärme erzeugt wird, solche, bei welchen durch den Process die Theilchen ihrer endlichen Gleichgewichtslage genähert werden, während andererseits der Aufbau complicirter Verbindungen, bei dem die einzelnen Theilchen gewissermassen aus der Gleichgewichtslage herausgeschraubt, immer mehr von derselben entfernt werden, solche bedingt, bei welchen Spannkraft auf Kosten der lebendigen Kraft entsteht, bei denen also Wärme verloren geht, Wärme verbraucht wird.

Es ist ferner klar, dass sich nicht nur Spannkraft in lebendige Kraft, und lebendige Kraft in Spannkraft, sondern auch die eine Form von lebendiger Kraft in die andere Form umsetzen kann, dass ich durch Bewegung Wärme, und umgekehrt durch Wärme Bewegung erzeugen kann. Wie man durch Bewegung Wärme erzeugen kann, haben wir schon gesehen. Das geschieht auf dem Wege der Reibung. Ich kann auf dem Wege der Reibung die Welle eines Rades so erhitzen, dass sie in Flammen aufgeht u. s. w. Auch auf dem Wege der Compression kann ich Bewegung in Wärme umsetzen. Andererseits kann ich Wärme in Bewegung umsetzen, und dies geschieht täglich in unseren Dampfmaschinen. Ich verbrenne eine gewisse Summe von Kohlen; indem ich die Kohlen verbrenne, setze ich die in ihnen enthaltene Spannkraft in lebendige Kraft und zunächst in Wärme um. Es geschieht dies dadurch, dass niedrig oxydirte Verbindungen sich mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre verbinden und dabei in Kohlensäure und Wasser zerfallen. Diese so erhaltene Wärme übertrage ich an Wasser, setze dadurch die Moleküle desselben in immer heftigere Bewegung, bis sie in Masse nach allen Seiten fortgeschleudert werden — das ist der Zeitpunkt, in dem ich sage, dass das Wasser siedet. Die fortgeschleuderten Moleküle stossen auf einen Stempel, den sie in Bewegung setzen, und auf diese Weise gewinne ich aus der Wärme bewegende Kraft.

Da das ganze Weltall als ein System anzusehen ist, welches von andern Körpern keine Impulse erhält, denn diese würden ja mit zum Weltall gehören, und auch an andere Körper keine Impulse abgibt, denn jene Körper würden ebenfalls zum Weltall gehören; so ist auf dasselbe als Ganzes das Gesetz von der Erhaltung der Kraft anzuwenden. So ist dieses Gesetz das wichtigste Naturgesetz, welches seit dem Newton'schen Gravitationsgesetze entdeckt wurde.

In neuerer Zeit hat Du Bois seiner Geschichte nachgeforscht. Schon Descartes behauptete, dass die Summe der Bewegungen und Bewegungsursachen constant sei, aber in unrichtiger Weise, indem er als Bewegungssumme die Summe der Massen multiplicirt mit ihren Geschwindigkeiten, nicht mit den Quadraten ihrer Geschwindigkeiten, ansah. Leibnitz verbesserte diesen Irrthum, und auch die Bernoulli sprachen sich in diesem Sinne aus. In dem gelehrten Kreise, der sich auf Schloss Cirey bei der Marquise Du Chatelet bildete, wurde die Frage von der Constanz der Bewegungssumme vielfach discutirt, Voltaire und die Marquise schrieben Streitschriften darüber, Voltaire vertheidigte die Ansicht von Descartes, die Marquise die von Leibnitz. Aber die Lehre von der Erhaltung der Kraft im Grossen und Ganzen konnte bei dem damaligen Zustande der Wärmelehre und bei den damaligen chemischen Theorien nicht ihre ganze Tragweite entwickeln, nicht zum Abschluss gelangen.

Als der erste, der das Gesetz in seiner ganzen Ausdehnung gekannt hat, muss Julius Robert Mayer bezeichnet werden, der es auch zuerst auf den menschlichen Organismus angewendet und somit in die Physiologie eingeführt hat. Aber auch seine Arbeiten fanden noch wenig Beachtung, sie hatten keinen unmittelbaren Einfluss auf den Gang der Wissenschaft im Grossen und Ganzen, bis Helmholtz sein berühmtes Werk über die Erhaltung der Kraft schrieb, und darin das Gesetz nicht allein allgemein aufstellte und bewies, sondern es auch durch die einzelnen

Disciplinen der Physik durchführte, es auf Electricität, Magnetismus, Wärmelehre anwendete und die physikalischen Erscheinungen nach diesem Grundprincipe erklärte.

Ich habe gesagt, dass alle Naturerscheinungen auf Bewegungserscheinungen zurückzuführen sind, indem nur Bewegungserscheinungen, nur Bewegungen als solche, wiederum Bewegungen in unserem Nervensysteme hervorbringen und auf diesem Wege Vorstellungen erzeugen. Wir haben schon gesehen, dass die Wärme eine Bewegungserscheinung ist; aber in der Physik haben wir ausser der Wärmelehre noch eine Lehre vom Lichte, von der Electricität, vom Magnetismus u. s. w., wir müssen deshalb sehen, ob auch die Erscheinungen des Lichtes, der Electricität, des Magnetismus und Diamagnetismus, alle als Bewegungserscheinungen aufzufassen sind.

Das Licht.

Machen wir den Anfang mit dem Lichte, so finden wir, dass hier schon zur Zeit Newton's zweierlei Ansichten existirten. Die eine war die sogenannte Emanationshypothese, der Newton selbst, wenn auch mit einer die jetzige Anschauung vorbereitenden Modification, anhing, und nach welcher das Licht eine feine Materie sein sollte, welche von den leuchtenden Körpern ausginge, sich geradlinig fortbewegte, in das Auge eindränge, und die Netzhaut dann zur Empfindung des Leuchtenden erregte. Die zweite Ansicht, welche von Newton's Gegner Hooke vertreten wurde, lautet dahin, dass das Licht eine Bewegung sei, dass sich mit den Lichtstrahlen nicht Theilchen fortbewegten, sondern eine periodische Bewegung an den Theilchen, dass das Licht in Wellenbewegungen der kleinsten Theilchen bestünde, welche sich nach allen Richtungen hin fortpflanzten, und welche sich endlich auch bis in das Auge hinein erstreckten, bis zu den Theilchen der Netzhaut, und so dieselbe zur Empfindung des Leuchtenden erregten. Bekanntermassen ist es die letztere Ansicht, welche durch die Arbeiten von Huyghens, Thomas Young und Fresnel zum Siege gelangte.

Ehe wir aber auseinandersetzen können, weshalb sie den Vorzug vor der älteren, der Emanationshypothese, verdient, müssen wir uns mit der Natur der Wellenbewegung im Allgemeinen näher bekannt machen.

Wenn Sie auf ein nicht zu straff gespanntes Seil mit einem Stocke schlagen, so erzielen Sie eine Ausbiegung, und diese pflanzt sich nach der Länge des Seiles fort. Ihr folgt unmittelbar eine Ausbiegung nach der entgegengesetzten Seite, indem die Partie, die zuerst nach rechts hinausgeschlagen worden ist, dann in ihre Gleichgewichtslage zurückschwingt, durch die Gleichgewichtslage nach links durchschwingt und dann erst wieder in dieselbe zurückgeht. Das ist das Bild einer einfachen Wellenbewegung, welche sich linear fortpflanzt, und wir nennen solche Wellen auch wohl Seilwellen, weil ihr Schema hergenommen ist von dem Bilde einer Welle, welche an einem Seile durch Anschlagen erzeugt worden ist.

An einer solchen Welle kann ich nun erstens die Wellenlänge unterscheiden. Die ganze Welle besteht aus Wellenberg und Wellenthal; ich bezeichne deshalb auch als eine ganze Wellenlänge die Länge von Wellen-

berg und Wellenthal zusammengenommen, die Hälfte davon als eine halbe Wellenlänge, den vierten Theil davon als eine viertel Wellenlänge u. s. w. — Ich kann zweitens die Schwingungsdauer unterscheiden. Die Schwingungsdauer ist diejenige Zeit, welche je eine Partie, je ein Theilchen gebraucht, um einmal seinen Weg aus der Gleichgewichtslage heraus zu machen, dann in die Gleichgewichtslage zurückzukehren, über dieselbe hinaus nach der entgegengesetzten Seite zu schwingen, und dann nochmals zur Gleichgewichtslage zurückzukehren. Das ist eine ganze Schwingungsdauer; die Hälfte davon ist eine halbe Schwingungsdauer u. s. f.

Schwingungsdauer und Wellenlänge stehen in einem gewissen nothwendigen Zusammenhange, aber nicht so, dass Wellen von einer bestimmten Schwingungsdauer auch unter allen Umständen eine und dieselbe Wellenlänge hätten. Die Wellenlänge ist auch abhängig von der Natur des Mediums, in welchem sich die Welle fortpflanzt. Je rascher sich die Welle in einem Medium fortpflanzt, um so grösser wird bei gleicher Schwingungsdauer die Wellenlänge, und je langsamer sie sich fortpflanzt, um so kürzer wird bei einer gegebenen Schwingungsdauer die Wellenlänge.

Ich unterscheide ferner an einer solchen Welle die Amplitude, das heisst die Entfernung, bis zu welcher jedes Theilchen aus seiner Gleichgewichtslage ausweicht, ehe seine Geschwindigkeit Null wird, und es wieder gegen die Gleichgewichtslage hin zurückgeht. Da die lebendige Kraft des Theilchens um so später verbraucht sein wird, je grösser die Geschwindigkeit ist, mit welcher das Theilchen durch die Gleichgewichtslage schwingt, so hängt natürlich auch die Amplitude der Welle zusammen mit der Geschwindigkeit, mit welcher die schwingenden Theilchen durch die Gleichgewichtslage hindurchgehen.

Ich denke mir, ich hätte einen Stein ins Wasser geworfen, so ziehen sich bekanntermassen Kreise um die Stelle, an welcher der Stein untergesunken ist, und diese Kreise sind Wellen, welche durch den plötzlichen Impuls, durch das Hineinfallen des Steines verursacht worden sind. Sie schreiten, während die Seilwellen in einer Richtung fortschreiten, im Wasser auf der Oberfläche nach allen Richtungen, und zwar nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit fort. Eben deswegen bildet jede einzelne Welle einen Kreis, dessen Centrum die Stelle ist, an welcher der Stein in das Wasser fiel.

Endlich kann ich mir den ganzen Vorgang im Raume vorstellen. Ich kann mir vorstellen, dass die Impulse für eine Wellenbewegung von einem Punkte im Raume ausgehen, und sich nun die Welle im Raume nach allen Seiten hin mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, so werden die Wellenoberflächen, das heisst die Summen der Punkte, welche sich gleichzeitig in gleicher Phase befinden, Kugelschalen bilden, und das Centrum dieser Kugelschalen wird die Stelle sein, von der die Impulse ausgingen. Das geschieht immer, wenn sich eine Wellenbewegung fortpflanzt in einem sogenannten isotropen Medium, das heisst in einem Medium, welches der Fortpflanzung der Wellen nach allen Richtungen hin einen gleichen Widerstand darbietet. Denn nur, wenn der Widerstand nach allen Richtungen gleich ist, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach allen Richtungen gleich, und nur unter dieser Voraussetzung bilden die Wellenoberflächen Kugelschalen. Die Linien, in welchen sich die

Wellenbewegung fortpflanzt, sind natürlich Radien, Strahlen, welche von dem Ursprungspunkte der Impulse zur Wellenoberfläche gezogen sind. Wenn nun der Ort, von dem die Impulse ausgehen, unendlich weit entfernt ist, so haben wir die Strahlen als parallel zu betrachten, weil sie erst in unendlicher Entfernung zur Vereinigung kommen sollen, und da die Strahlen senkrecht stehen auf der Wellenoberfläche, so haben wir uns für diesen Fall, für den Fall einer unendlich entfernten Quelle der Impulse, die Wellenoberfläche als eine Ebene vorzustellen.

Bis jetzt haben wir uns bei allen diesen Arten von Wellen vorgestellt, dass die Theilchen seitlich ausweichen, mit anderen Worten, dass sie sich in Ebenen bewegen, die senkrecht auf der Richtung stehen, in welcher sich die Bewegung fortpflanzt. Dergleichen Wellen, bei denen dies der Fall ist, bezeichnen wir mit dem Namen der Transversalwellen. Wir können uns aber auch vorstellen, dass sich eine Wellenbewegung in anderer Weise fortpflanzt, so dass die Theilchen in der Richtung fortgestossen werden, in welcher sich die Wellenbewegung fortpflanzt. Es werden dadurch Verdichtungen und Verdünnungen erzeugt, die, wenn sie sich nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, wieder Kugelschalen bilden. Dergleichen Wellen bezeichnen wir mit dem Namen der Longitudinalwellen, oder auch der Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Solche Wellen sind z. B. die Schallwellen, die sich in der Luft und zu unserem Ohre fortpflanzen.

Wovon ist nun das abhängig, was wir mit dem Namen der Intensität der Wellenbewegung bezeichnen? Die Intensität muss gemessen werden nach der Summe der lebendigen Kräfte, welche in dem Systeme thätig sind, und wenn wir also ein bestimmtes geschlossenes System von Molekülen haben, so dass wir die Masse der sich bewegenden Moleküle als constant, als ein für alle Mal gegeben ansehen, so muss, da die lebendige Kraft gleich ist der Masse der Moleküle, multiplicirt mit dem halben Quadrate ihrer Geschwindigkeit, die Intensität abhängig sein von der Geschwindigkeit, mit der die Moleküle sich bewegen, von der Geschwindigkeit, mit der die Moleküle durch die Gleichgewichtslage hindurchgehen. Da nun von dieser Geschwindigkeit wieder, wie wir oben gesehen haben, die Grösse abhängig ist, um welche sie aus der Gleichgewichtslage ausweichen, so sagt man, die Intensität der Wellenbewegung sei abhängig von der Amplitude, von der Grösse der Ausweichung der Theilchen aus der Gleichgewichtslage.

Wenn gleichzeitig zwei Wellenbewegungen in ein und demselben Medium ablaufen, so werden die Moleküle desselben sowohl von den Impulsen des einen Wellensystems, als auch von denen des andern Wellensystems getroffen. Die Impulse werden sich nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammensetzen, sie werden sich addiren, wenn sie gleichgerichtet sind, sie werden sich schwächen, sie werden sich aufheben, wenn sie entgegengesetzt gerichtet sind. Hieraus entstehen die Erscheinungen der sogenannten Interferenz, Erscheinungen, bei denen gewissermassen eine Bewegung durch eine andere vernichtet wird. Wenn zwei Wellensysteme mit gleicher Wellenlänge so aufeinander treffen, dass die Wellenberge des einen auf die Wellenberge des andern fallen, so werden sich ihre Impulse addiren, die Intensität der Bewegung wird gesteigert, die Wellen werden höher werden. Wenn aber zwei Wellensysteme mit gleicher Wellenlänge

so aufeinander treffen, dass die Wellenberge der einen auf die Wellenthäler des andern fallen, so werden ihre Impulse sich von einander subtrahiren, die Intensität der Bewegung wird geschwächt werden, und wenn die Amplituden in beiden Systemen gleich gross sind, wird sie auf 0 herabsinken.

Emanations- und Undulationstheorie.

Nachdem wir uns so im Allgemeinen bekannt gemacht haben mit den Erscheinungen der Wellenbewegung und mit der in der Wellenlehre herrschenden Nomenclatur, wollen wir jetzt auf die Frage näher eingehen, ob denn das Licht, wie es die Emanationstheorie wollte, aus einer sich fortbewegenden Materie bestehe, oder ob das Licht in einer Wellenbewegung bestehe. Es gibt gewisse Erscheinungen in der Optik, die sich gleich gut erklären lassen, sowohl nach der Emanations-, als nach der Undulationshypothese. Das Licht pflanzt sich geradlinig fort. Das kann es nach der Emanations- und nach der Undulationshypothese thun. Die Intensität des Lichtes nimmt ab nach den Quadraten der wachsenden Radien. Das erklärt sich aus der Undulationshypothese und erklärt sich aus der Emanationshypothese.

Die Theilchen sollen nach letzterer von einem Punkte ausgehen und sollen sich nach allen Richtungen geradlinig fortbewegen, wie es die Strahlen des Lichtes thun. Es ist dann klar, dass, wenn man Kugelschalen um den Ausgangspunkt als Centrum durch die Strahlen hindurchlegt, die Grösse der Kugelschalen wächst mit dem Quadrate der Radien. Da aber die Menge der nach allen Seiten hin zerstiebenden Materie immer nur dieselbe bleibt, so nimmt für ein bestimmtes Areal einer solchen Kugelschale die Menge der Theilchen, die sich darin befindet, in demselben Masse ab, wie die Kugelschalen wachsen. Die Menge der Theilchen nimmt also ab nach den Quadraten der wachsenden Entfernungen, und da die Intensität des Lichtes nach der Emanationstheorie abhängt von der Menge der in der Zeiteinheit eintreffenden Lichttheilchen, so ist hiermit die Erklärung gegeben.

Aber auch die Undulationstheorie erklärt dieses Gesetz in befriedigender Weise. Die Undulationstheorie sagt: Hier ist eine gewisse Summe von lebendiger Kraft gegeben; durch diese werden immer grössere Massen in Bewegung gesetzt. Die in Bewegung zu setzende Masse wächst, indem die Bewegung fortschreitet, mit den Quadraten der Radien, denn sie wächst entsprechend der Grösse der Kugelschalen. Wenn aber die Masse zunimmt nach den Quadraten der Radien und nur eine gegebene Summe von lebendiger Kraft da ist, so müssen die Geschwindigkeiten, mit denen sich die Theilchen bewegen, entsprechend abnehmen, und deshalb nimmt die Intensität des Lichtes ab mit den Quadraten der wachsenden Entfernungen.

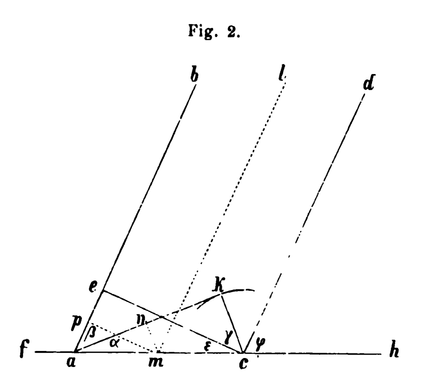
Reflexion.

Die Strahlen des Lichtes werden von einer spiegelnden Fläche unter demselben Winkel zurückgeworfen, unter welchem sie eingefallen sind.

Das erklärt die Emanationstheorie nach den Gesetzen des elastischen Stosses. Eine Billardkugel kommt von der Wand unter demselben Winkel zurück, unter dem sie angespielt worden ist. Ebenso kehren die Moleküle des Lichtes nach der Emanationstheorie unter demselben Winkel nach den Gesetzen des elastischen Stosses von einer spiegelnden Fläche zurück, unter welchem sie gegen dieselbe herangeschleudert worden sind.

Auch die Undulationshypothese gibt eine befriedigende Erklärung. Nehmen wir einmal der Einfachheit wegen an, die Lichtquelle sei unendlich entfernt. Wir hätten also parallele Strahlen, die Wellenoberfläche sei also eine Ebene und ihr Durchschnitt mit der Ebene des Papiers eine gerade Linie. Betrachten wir zunächst zwei Strahlen, den Strahl *ba* und den Strahl *dc*, welche beide zur spiegelnden Fläche *fh* gehen, so wird der Strahl *dc* früher an der Fläche ankommen, als der Strahl *ba*. Ein Wellenflächendurchschnitt soll *ce* sein; *ce* steht senkrecht auf *ab* und auch senkrecht auf *cd*. Versetze ich mich nun in den Zeitpunkt, wo auch der Strahl *ba* in *a* angekommen ist, so wird zu dieser Zeit schon eine reflectirte Welle von dem Punkte *c* aus entstanden sein, und diese reflectirte Welle wird sich eben so schnell fortpflanzen, wie die directe, weil das Medium, in dem sie sich fortpflanzt, dasselbe ist. Um also zu wissen, wie gross diese Welle ist, wie weit die reflectirte Welle zu dieser Zeit gelangt ist, nehme ich die Entfernung *ae* in den Zirkel und schlage mit derselben von *c* aus einen Kreisbogen. Jetzt will ich von dem Punkte *a* aus eine Tangente an diesen Kreis legen, und will vorläufig annehmen und erst später beweisen, dass dies die neue Wellenoberfläche, die Oberfläche der reflectirten Welle sei. Von *c* aus will ich eine Senkrechte auf die Tangente ziehen, die also den Punkt trifft, wo die Tangente den Kreis berührt; sie sei *ck*. Jetzt habe ich zwei Dreiecke, welche mit einander gemein haben die Seite *ac*, welche ausserdem gleich haben die Seiten *ac* und *ck*, denn die habe ich gleich gemacht, und welche beide rechtwinklig sind, denn bei *e* und bei *k* sind der Annahme nach rechte Winkel. Folglich sind diese beiden Dreiecke congruent.

Fig. 2.



Da nun aber

$$\angle\alpha + \angle\beta = \angle\varphi$$
$$\angle\alpha + \angle\beta = \angle\varepsilon + \angle\gamma$$

so ist $\angle\varepsilon + \angle\gamma = \angle\varphi$

das heisst also, der Strahl *dc* ist unter demselben Winkel zurückgeworfen, unter dem er eingefallen war.

Ich habe noch zu beweisen, dass *ak* wirklich die neue Wellenoberfläche oder vielmehr ihr Durchschnitt mit der Ebene des Papiers sei, denn nur dann erscheint es gerechtfertigt, dass ich *ck* als den reflectirten Strahl ansehe. Die neue Wellenoberfläche entsteht dadurch, dass alle die einzelnen Wellen, welche von den einzelnen Punkten ausgehen, sich zusammensetzen. Ich muss also nachweisen, dass die Partialwellen,

welche jedem einzelnen Strahle angehören, sämmtlich in der Linie *ak* anlangen würden zu derselben Zeit, zu welcher der Strahl *ba* in *a* anlangt. Es sei *lm* ein Strahl zwischen *ab* und *cd*, und parallel mit diesen. Ich ziehe nun *mp* parallel mit *ce* und *mn* senkrecht auf *ak*, also parallel mit *ck*. Dann ist das Dreieck *amp* ähnlich dem Dreieck *ace*, und das Dreieck *amn* ähnlich dem Dreieck *ack*. Da *ack* und *ace* congruent sind, so sind *amp* und *amn* einander ähnlich. Sie haben also sämmtliche Winkel gleich und ausserdem eine gleichliegende Seite, die Hypotenuse *am* gemeinsam. Sie sind mithin congruent, also auch *mn* gleich *pa*. Da aber *mn* rechtwinklig auf *ak* steht, so ist es der kürzeste Weg der von *m* ausgehenden Partialwelle gegen *ak* hin, während *pa* das Wegstück ist, welches der Strahl *ba* noch bis *a* zu durchlaufen hatte, als der Anstoss für die Partialwelle in *m* gegeben wurde. Da sich dieselbe Demonstration für jeden zwischen *ba* und *dc* liegenden und mit ihm parallelen Strahl wiederholen lässt, so bezeichnet *ak* in der That die Lage der Wellenoberfläche nach der Reflexion und *ck* die Lage des Strahles *dc* nach der Reflexion.

Sie sehen also, dass hier wieder sowohl die eine als die andere Hypothese zum Resultate führt. Wir werden aber jetzt Erscheinungen kennen lernen, die sich nur der Undulationstheorie fügen.

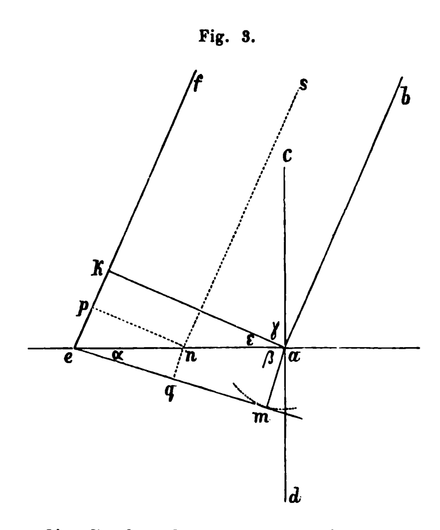
Brechung.

Wenn ein Strahl aus einem dünneren Medium in ein dichteres übergeht, so erleidet er bekanntermassen an der Trennungsfläche eine Ablenkung, und zwar in der Weise, dass er auf seinem weiteren Wege mit dem Einfallslothe, das heisst mit einer auf der Trennungsfläche, da wo der Strahl dieselbe durchbricht, errichteten Senkrechten, nunmehr einen kleineren Winkel macht als früher. Wenn er dagegen umgekehrt aus einem dichteren Medium in ein dünneres übergeht, so erleidet er eine solche Ablenkung, dass er von nun an einen grösseren Winkel mit dem Einfallslothe macht, als vor der Brechung. Man sagt deshalb, der Strahl werde, wenn er aus einem dünneren Medium in ein dichteres übergeht, zum Einfallslothe zugebrochen, im umgekehrten Falle werde er vom Einfallslothe gebrochen.

Die Emanationshypothese erklärt dies folgendermassen: Wenn der Strahl aus einem dünneren Medium in ein dichteres übergeht, so erleidet er in demselben einen geringeren Widerstand, als er früher erlitten hat, und die Folge davon ist, dass die Lichttheilchen an der Trennungsfläche zum Einfallslothe abgelenkt werden. Wenn er dagegen aus einem dichteren Medium in ein dünneres übergeht, findet das Umgekehrte statt. — Eine andere Erklärung gibt die Undulationstheorie. Der Einfachheit halber wollen wir uns wieder vorstellen, dass die Lichtquelle in unendlicher Entfernung liege, dass also die Strahlen parallel einfallen. Wir wollen also zwei Strahlen betrachten, die parallel auf die Trennungsfläche einfallen. Wir wollen zum ersten Strahl *ba* das Einfallsloth *cd* errichten, und wollen den andern Strahl *fe* nennen; so ist es klar, dass die gleiche Phase in diesem zweiten Strahl noch nicht in *e* angekommen sein wird, wenn sie im ersten Strahl schon in *a* angekommen ist. Sie wird um ein Stück zurück sein, welches ich finde, wenn ich von *a* aus eine Senkrechte

ak auf *ef* ziehe, denn diese Senkrechte auf die Richtung der Radien ist ja nichts anderes als der Durchschnitt der Wellenoberfläche. In dem zweiten Medium, das das dichtere sein soll, soll sich nun das Licht langsamer fortpflanzen als im ersten Medium. Ich will die Geschwindigkeit im ersten Medium mit v, die im zweiten mit v' bezeichnen. Ich werde also eine Grösse in den Zirkel nehmen, die sich zu *ek* verhält, wie sich v' zu v verhält, und damit von *a* aus einen Kreisbogen beschreiben. Der Radius dieses Bogens ist der Weg, den die Welle von *a* aus zurückgelegt haben wird, wenn die gleiche Phase in *e* angekommen ist. Ich will nun von *e* aus die Tangente *em* an diesen Bogen anlegen und sie als den Durchschnitt der neuen Wellenoberfläche betrachten: dass sie es wirklich ist, werde ich später beweisen. Ziehe ich dann von *a* aus die Senkrechte *am*, so gibt diese die Richtung des gebrochenen Strahles an. Winkel *cab* heisse der Einfallswinkel und werde mit i bezeichnet, Winkel *mad* heisse der Brechungswinkel und werde mit r bezeichnet. Dann ist:

Fig. 3.



$$v : v' = ek : am = \sin \varepsilon : \sin \alpha$$

$$\frac{\begin{array}{r}\varepsilon + \gamma = R\\ i + \gamma = R\end{array}}{\varepsilon = i}$$

ferner
$$\frac{\begin{array}{r}\alpha + \beta = R\\ r + \beta = R\end{array}}{\alpha = r}$$

mithin
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v}{v'}$$

Das heisst in Worte übersetzt: Der Sinus des Einfallswinkels dividirt durch den Sinus des Brechungswinkels ist gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem ersten Medium dividirt durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium.

Sie sehen, dass, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem zweiten Medium kleiner ist, dann auch der Brechungswinkel kleiner sein muss, dass dagegen, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium grösser ist, auch der Brechungswinkel grösser sein muss als der Einfallswinkel.

Ich habe bis jetzt nur angenommen, dass die Linie *em* die neue Wellenoberfläche, die Oberfläche der gebrochenen Welle repräsentirt. Es lässt sich leicht nachweisen, dass dem wirklich so sei. Die neue Wellenoberfläche entsteht durch die Zusammensetzung aller Partialwellen, welche hier nach und nach an der Trennungsfläche entstehen. Es ist also weiter nichts nöthig, als nachzuweisen, dass wirklich in dem betreffenden Momente, wo die Phase von *k* in *e* und die Phase

von a in m ankommt, auch alle übrigen Partialwellen in der Linie em ankommen. Es sei sn ein Strahl zwischen fe und ba und parallel mit ihnen. Ich ziehe np parallel zu ak, und nq parallel zu am, dann ist Winkel

$$enp = \varepsilon = i$$

$$ep : nq = \sin enp : \sin \alpha = \sin i : \sin r = v : v'$$

nq ist aber, da es senkrecht auf em steht, der kürzeste Weg der Partialwelle gegen em hin. Sie wird also an dieser Linie anlangen in derselben Zeit, welche der Strahl fe braucht, um den Weg von p nach e zurückzulegen.

Sie sehen also, dass die Erklärung, die die Undulationstheorie von der Brechung gibt, ebenso befriedigend ist, wie die Erklärung der Emanationshypothese, und dass sie jedesmal einen ganz bestimmten Werth für den Brechungswinkel gibt, aber unter einer bestimmten Voraussetzung, nämlich unter der, dass diejenigen Medien, welche wir die optisch dichteren nennen, der Fortpflanzung des Lichtes einen grösseren Widerstand entgegensetzen, dass das Licht sich in ihnen langsamer fortpflanzt. Die Emanationstheorie hatte die entgegengesetzte Annahme machen müssen.

Das hat nun zu einem experimentum crucis Veranlassung gegeben, welches in neuerer Zeit, doch schon vor mehr als dreissig Jahren, von Fizeau und von Foucault angestellt worden ist. Beide haben direct die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes einmal in der Luft und das andere Mal im Wasser gemessen. Wenn die Undulationstheorie recht hatte, woran übrigens damals kaum noch Jemand zweifelte, musste das Licht sich in der Luft rascher fortpflanzen als im Wasser, wenn unerwarteter Weise die Emanationshypothese recht hatte, musste es sich im Wasser schneller fortpflanzen. Beide Beobachter fanden, dass das Licht sich in der Luft schneller fortpflanzt als im Wasser, und dadurch ist die Undulationstheorie endgiltig in ihrem Rechte bestätigt worden.

Beugung.

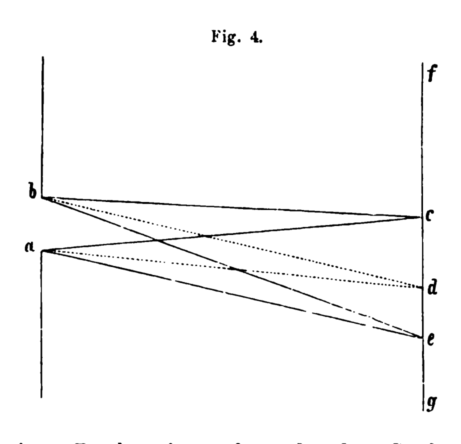
Wir haben aber noch andere optische Erscheinungen zu betrachten, für welche die Emanationshypothese gar keine oder eine ungenügende Erklärung gibt, während die Undulationstheorie eine vollständige und richtige zu geben im Stande ist. Das sind zunächst die Erscheinungen der Beugung.

Es wird Ihnen allen bekannt sein, dass, wenn durch einen Spalt ein Bündel Sonnenstrahlen hindurchgeht, die Beleuchtung sich auf einer gegenüberstehenden Wand oder auf einem gegenüberstehenden Schirm nicht auf das geometrische Bild des Spaltes beschränkt, sondern dass die Helligkeit sich nach beiden Seiten hin ausdehnt. Das erklärt die Emanationstheorie so, dass sie sagt: Von den Rändern des Spaltes werden die Lichttheilchen angezogen, dadurch werden sie aus ihrer Richtung abgelenkt, und somit wird ein Theil derselben seitlich zerstreut. Wenn man aber den Spalt hinreichend schmal nimmt, und alles fremde einfallende Licht abhält, so bemerkt man, dass die Erscheinung von solcher Art ist, dass sie hiedurch nicht erklärt werden kann. Man findet, dass man nicht nur ein verbreitertes helles Bild des Spaltes hat, sondern dass

neben dem geometrischen Bilde des Spaltes zu beiden Seiten farbige Linien parallel mit dem Spalte verlaufen, die mit Braun anfangen, dann in Roth übergehen, und im weiteren Wechsel der Farbe jederseits symmetrische Spectra bilden. Wenn man nun vor den Spalt ein homogen rothes Glas, ein Glas, welches nur rothes Licht durchlässt, setzt, so bemerkt man, dass nun die vielfarbige Erscheinung verschwindet, dass sich aber zu beiden Seiten helle und dunkle Linien zeigen, die mit dem Spalte parallel sind. Das geschieht stets, wenn man ein wie immer gefärbtes monochromatisches Glas vorlegt, nur dass die Streifen nicht bei allen Farben von gleicher Breite sind, dass sie am breitesten sind, wenn man homogenes rothes Licht anwendet, und dass sie am schmalsten sind, wenn man homogenes violettes Licht anwendet.

Die Erklärung, welche die Undulationstheorie hiefür gibt, ist folgende. Sie sagt: Wenn ein System von Wasserwellen einen Spalt zwischen zwei Schirmen durchbricht, so sieht man von den Rändern der Schirme Kreise ausgehen, das heisst, man sieht Wellen ausgehen, deren Centren die in das Wasser eintauchenden Ränder der Schirme sind. Gerade so gehen auch hier von den Rändern des Spaltes Wellen aus, die man sich als cylindrisch denken muss, und die Ränder des Spaltes als die Axen der cylindrischen Wellenoberflächen. In Fig. 4 sind ab der Spalt und fg der auffangende Schirm. Die Wellen befinden sich von Hause aus beiderseits in gleichen Phasen. Wenn ich nun einen Punkt c betrachte, der dem Spalt gerade gegenübersteht, so haben die beiden Wellensysteme gleich lange Wege (ac und bc) zu ihm zurückzulegen; sie werden also so zu ihm gelangen, dass Wellenberg auf Wellenberg, und Wellenthal auf Wellenthal fällt. Hier also erscheint der Schirm hell. Wenn ich mich aber seitlich nach d hin entferne, und dorthin die Radien ad und bd ziehe, also die Wege beschreibe, welche die Wellen von den beiden Rändern dahin zurückzulegen haben, so finde ich, dass diese beiden Wege ungleich lang sind. Ich nehme an, ich experimentirte mit monochromatischem Lichte, und ihr Unterschied soll eine halbe Wellenlänge desjenigen Lichtes betragen, das ich gerade anwende, dann muss Wellenberg auf Wellenthal auffallen, und umgekehrt, die beiden Strahlen müssen einander auslöschen, es muss also hier ein dunkler Streif entstehen. Wenn ich noch weiter seitlich gehe, wird die Differenz wachsen. Sie soll für die nach e gezogenen Radien ae und be eine ganze Wellenlänge betragen, dann wird hier wieder ein heller Streif entstehen, und so fort werden helle und dunkle Streifen mit einander abwechseln. So erklären sich nicht nur die hellen und dunklen Streifen: es erklärt sich auch daraus, dass die Breite der Streifen in einem bestimmten Zusammenhange steht, einerseits mit der Breite des Spaltes, andererseits mit der Natur des Lichtes, indem Licht

Fig. 4.



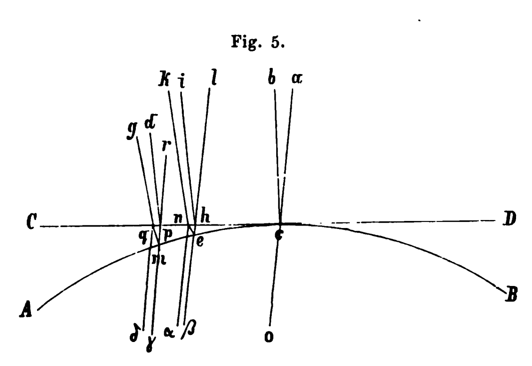
verschiedener Farben verschiedene Wellenlänge besitzt. Beim rothen Licht, bei dem die Wellenlänge am grössten ist, ist die Breite der Streifen auch am grössten, weil hier der Gangunterschied von einer halben Wellenlänge u. s. w. später erreicht wird, während sie beim blauen und violetten Lichte, das kürzere Wellenlängen hat, schmäler werden, weil hier der Gangunterschied von einer halben, anderthalb Wellenlängen u. s. w. früher erreicht wird. Sie sehen leicht ein, dass die Farben, welche wir bei gemischtem Lichte, bei gewöhnlichem Sonnenlichte gesehen haben, nichts anderes sind als die übereinanderfallenden Beugungsspectra der einzelnen Farben. Denn da die Streifen, welche bei Anwendung der verschiedenen Lichtsorten entstehen, verschiedene Breite haben, so kann auch, wenn ich gemischtes Licht, das heisst, wenn ich die verschiedenen Farben zugleich anwende, keine Abwechslung von dunklen und hellen Streifen entstehen, sondern die dunklen Streifen der einen Farbe fallen auf die hellen der andern Farbe, und es entsteht ein Gemisch, welches in seinem Wechsel der Farbenfolge entspricht, die ich hier wirklich wahrnehme.

Newton's Ringe.

Wir haben früher gesagt, dass die Emanationstheorie die Reflexion in ebenso genügender Weise erklärt wie die Undulationstheorie, und wir haben auch ihre Erklärung kennen gelernt. Wenn wir aber tiefer in die Erscheinungen der Reflexion eingehen, so werden wir sehen, dass sie auch hier gegen die Undulationstheorie zurücksteht.

Newton sah, indem er zwei Gläser, ein Convexglas von grossem Radius und ein Planglas, aufeinanderlegte, ein System von farbigen Ringen. Er untersuchte diese farbigen Ringe in verschiedenfarbigem Lichte, in rothem, in blauem Lichte u. s. w., und fand, dass immer eine Abwechslung von hellen und dunklen Ringen erschien, dass die Ringe im rothen Lichte am breitesten waren, und immer schmäler wurden, wenn man nach einander gelbes, grünes, blaues und violettes Licht anwendete. Er war nicht im Stande dies zu erklären. Da er bemerkte, dass das Complement der Ringe, welches er im auffallenden Lichte sah, im durchfallenden Lichte, wenn auch schwächer, zu sehen war, dass da, wo im reflectirten Lichte sich ein dunkler Ring zeigte, im durchfallenden ein heller zu sehen war, so sagte er, das Licht habe Anwandlungen, vermöge welcher es periodisch zurückgeworfen und periodisch durchgelassen werde. Es war eben nicht möglich, vom Standpunkte der Emanationstheorie eine befriedigende Erklärung der Erscheinung zu geben.

Fig. 5.

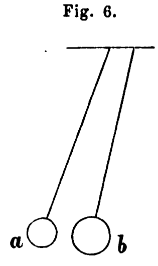


Wir wollen jetzt sehen, welche Erklärung die Undulationstheorie gibt. Denken Sie sich AB sei die obere Fläche der Convexlinse und CD

die untere des Planglases, so wird das Licht, welches in *c* einfällt, wenn man sich zwischen beiden Gläsern noch eine sehr dünne Luftschicht denkt, kurz hinter einander zweimal reflectirt, einmal da, wo es aus dem Planglase in die Luft übergehen soll, und das andere Mal da, wo es, von der Convexlinse reflectirt, wiederum in die Luft, und dann zum zweiten Mal in das Planglas übergeht. Sie sehen also leicht ein, dass hier kurz hintereinander zwei Wellensysteme entstehen und mit einander zur Interferenz kommen müssen, und es fragt sich deshalb für uns: Unter welchen Umständen werden diese beiden Wellensysteme so aufeinanderfallen, dass Wellenberg auf Wellenberg fällt, und unter welchen Umständen werden sie so aufeinanderfallen, dass Wellenberg auf Wellenthal fällt?

Um das zu beurtheilen, müssen wir zuerst etwas näher in die Art und Weise eingehen, wie ein Molekül dem andern seine Bewegung mittheilt. Wir wollen uns dies erst an grösseren Massen, an Elfenbeinkugeln anschaulich machen. Wenn Sie zwei Elfenbeinkugeln von gleichem Gewichte neben einander aufgehängt haben, und die eine gegen die andere fallen lassen, so bleibt immer die eine, die stossende, in der Gleichgewichtslage, und die andere fliegt fort, begreiflicher Weise deshalb, weil die eine Elfenbeinkugel, indem sie der andern ihre Geschwindigkeit mittheilt, ihr auch zugleich ihre ganze lebendige Kraft mittheilt, weil ihre Masse gleich der Masse der zweiten Kugel ist. Die ursprünglich stossende Kugel behält nichts von ihrer lebendigen Kraft übrig, sie muss in der Gleichgewichtslage in Ruhe bleiben. Es ist ein bekanntes Schulexperiment, dass man eine ganze Reihe von Elfenbeinkugeln aufhängt, die eine am Ende abhebt und fallen lässt, dann bleiben alle in ihrer Lage mit Ausnahme der letzten, weil jede auf die andere ihre ganze lebendige Kraft überträgt, so dass nur die letzte, die keine andere, an die sie die lebendige Kraft übertragen könnte, neben sich hat, fortfliegt. Wir wollen jetzt untersuchen, was geschieht, wenn die beiden Elfenbeinkugeln von ungleichem Gewichte sind. Es seien die Kugeln *a* und *b*. Ich lasse die schwere *b* gegen die leichtere *a* fallen, so wird sie, wenn sie auf dieselbe stösst, ihr ihre ganze Geschwindigkeit mittheilen, da aber *b* beiläufig dreimal so schwer ist als *a*, so wird *b* damit noch nicht ihre ganze lebendige Kraft abgegeben haben, sondern sie wird noch zweidrittel derselben zurückbehalten. Ihr bleibt also noch eine Geschwindigkeit, und vermöge dieser Geschwindigkeit wird sie noch weiter fortschwingen und dann erst zurückkehren. Wenn ich nach dem Stosse die beiden Kugeln gegen einander verschiebe, so dass sie sich nicht mehr an einander stossen können, so werden Sie finden, dass die beiden Kugeln gleichsinnig schwingen, wie es Fig. 6 darstellt, indem die stossende mit der gestossenen einen Hinausschwung gemacht hat, dann wieder zurückgekommen ist u. s. w.

Fig. 6.



Ganz anders wird sich aber die Sache gestalten, wenn Sie die leichtere Kugel gegen die schwerere, wenn Sie *a* gegen *b* fallen lassen. Dann wird *a* ihre ganze lebendige Kraft sofort an *b* übertragen: da diese aber dreimal so schwer ist, so wird sie ihr damit nicht die gleiche Geschwindigkeit gegeben haben, sondern eine geringere. Diese zweite Kugel *b* wird sich also ihr gegenüber wie eine relativ feste Wand verhalten, von der

die leichtere Kugel *a* vermöge ihrer Elasticität zurückprallt. Sie sehen leicht ein, dass die Folge davon ist, dass die beiden Kugeln auseinanderfliegen, und wenn ich sie jetzt gegen einander verschiebe, so werden Sie bemerken, dass sie im entgegengesetzten Sinne schwingen, wie dies Fig. 7 darstellt.

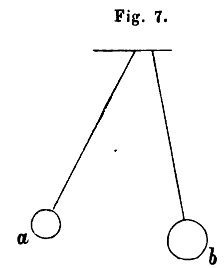


Fig. 7.

Setzen Sie an die Stelle der Ausdrücke schwerere und leichtere Kugel, die Ausdrücke schwerer und leichter ausweichendes Molekül, so haben Sie den Satz, dass, wenn das leichter ausweichende Molekül auf das schwerer ausweichende stösst, es sofort eine rückgängige Bewegung beginnt: wenn dagegen das schwerer ausweichende Molekül das leichter ausweichende in Bewegung setzt, so schwingt es noch in seiner ursprünglichen Richtung fort und geht erst dann wieder zurück. Ehe also der Impuls für die Reflexion beginnt, geht die Zeit einer halben Schwingungsdauer, die Zeit einer halben Undulation verloren.

Wenden wir nun dies auf unseren Fall an, so denken wir uns, gemäss dem Principe der Undulationstheorie, dass die Theilchen im Glase schwerer ausweichen, und dass sie in der Luft leichter ausweichen. Beim Uebergange in die Luft findet eine Reflexion statt, bei dieser geht die Zeit einer halben Undulation verloren; beim Uebergange aus Luft in Glas ist letzteres aber nicht der Fall. Wenn also die Dicke der Luftschicht zwischen beiden Gläsern verschwindend klein gegen eine Wellenlänge ist, so werden die beiden Wellensysteme so aufeinander liegen, dass die Wellenberge des einen auf die Wellenthäler des andern fallen: denn bei der einen Reflexion ist eine halbe Undulation verloren gegangen, bei der andern nicht, sie haben also einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge. Man hat darüber gestritten, ob da, wo die beiden Gläser einander berühren, wo also factisch keine Luftschicht dazwischen ist, eine Reflexion stattfinde, oder ob gar keine Reflexion stattfinde, indem das Licht unmittelbar aus dem einen Glase in das zweite übergehe. Die Entscheidung dieser Frage ist für unser Resultat bedeutungslos, denn wir finden, dass, wenn auch zwei Reflexionen stattfinden, doch das zweite Wellensystem die Impulse des ersten neutralisirt, dass es also so gut ist, als ob keine stattgefunden hätte. Da, wo das Licht aus der Luft wieder in das Planglas übergehen soll, findet auch wieder eine Reflexion statt, und das hier reflectirte Licht wird theilweise wieder von der Convexlinse reflectirt u. s. f. Alle Reflexionen finden beim Uebergang in das dichtere Medium statt und sind somit gleichartig und zugleich von gerader Anzahl. Es werden bei unendlich kleinen Abständen durch sie keine neuen Gangunterschiede hervorgerufen.

Also da, wo die beiden Gläser unmittelbar aufeinanderliegen, wird im reflectirten Lichte ein dunkler Fleck erscheinen.

Wir wollen nun annehmen, wir hätten monochromatisches, z. B. rothes Licht. Denken wir uns, wir entfernten uns vom Centrum, und kämen zu einer Stelle *e*, an welcher der Abstand der beiden Gläser den vierten Theil der Wellenlänge des rothen Lichtes beträgt; so haben wir hier durch die ungleiche Reflexion einen Unterschied von einer halben

Undulation. Der einfallende Strahl sei *lh* (Fig. 5), die beiden reflectirten *hi* und *enk*. Der zweite reflectirte Strahl (*enk*) macht aber gegen den ersten (*hi*) einen Umweg (*hen*) von einer viertel Wellenlänge hin, und einer viertel Wellenlänge zurück, folglich hat dieser auch eine Verspätung von einer halben Undulation; es fällt also jetzt Wellenberg auf Wellenberg, und Wellenthal auf Wellenthal. In diesem Abstande vom Centrum würde also im reflectirten Lichte ein heller und in unserem Falle ein rother Ring entstehen. Die in diesem Ringe ferner noch folgenden lichtärmeren Reflexionen vernichten einander, weil jedesmal ein Umweg von zweiviertel Wellenlänge gemacht wird.

Wir gehen noch ein Stück weiter, und kommen jetzt an die Stelle *m*, an der der Abstand der beiden Gläser von einander eine halbe Wellenlänge betragen soll. Der einfallende Strahl sei *rp*. Dann wird der zuerst reflectirte Strahl *pd* eine Verspätung von einer halben Wellenlänge bei der Reflexion an der Luft haben, und der zweite *mqg* wird einen Umweg *pmq* von zwei halben Wellenlängen, also einer ganzen machen; *pd* und *mqg* werden also jetzt wiederum einen Unterschied von einer halben Wellenlänge haben, die beiden Wellensysteme werden sich also jetzt wiederum bekämpfen. Die weiteren lichtärmeren Reflexionen, welche hiernach folgen, werden dabei den zweiten Strahl gegen den ersten unterstützen, weil stets neue Umwege von einer ganzen Wellenlänge gemacht werden.

Dann wird eine Stelle kommen, wo der Abstand dreiviertel Wellenlänge beträgt: da wird wieder eine halbe Undulation Gangunterschied wegen ungleichartiger Reflexion entstehen, dann wird ein Umweg von dreiviertel Wellenlänge hin und dreiviertel Wellenlänge zurück, zusammen $1\frac{1}{2}$ Wellenlänge vom zweiten Strahle gemacht, es wird wieder Wellenberg auf Wellenberg, und Wellenthal auf Wellenthal fallen. Hier wird also wieder ein heller Ring entstehen. So werden helle und dunkle Ringe mit einander abwechseln, die alle um den dunklen, centralen Fleck gelagert sind.

Wenn ich statt des rothen Lichtes ein anderes farbiges Licht angewendet hätte, z. B. blaues Licht, so hätten die Radien der Ringe kleiner sein müssen, und die Ringe hätten gedrängter aneinander gelegen, weil die Wellenlängen des blauen Lichtes kürzer sind, also kürzer hintereinander die Abstände von einviertel, einhalb, dreiviertel Wellenlängen u. s. w. gefolgt wären.

Da also die Ringe der verschiedenen Farben nicht räumlich zusammenfallen, so muss, wenn mit gemischtem Lichte experimentirt wird, kein System von hellen und dunklen Ringen entstehen, sondern ein System von farbigen Ringen. Dieselben werden eine bestimmte Farbenfolge haben, weil immer Ringe von bestimmter Farbe sich theilweise decken. Dies ist die Farbenfolge des Newton'schen Ringsystems im auffallenden Lichte, die mit Blaugrau anfängt, und sich dann durch Weiss, Gelb, Roth, Purpur u. s. w. fortsetzt.

Was geschieht nun im durchfallenden Lichte? Im durchfallenden Lichte geht zunächst da, wo der Abstand der beiden Gläser unendlich klein ist, der Strahl einmal durch die Gläser hindurch, und zweitens wird er einmal hin und einmal zurück reflectirt werden. Beide Reflexionen werden an der Oberfläche von Glas stattfinden, also gleichartig sein:

es wird mithin durch sie kein Gangunterschied erzeugt, es wird in diesen Wellensystemen Wellenberg auf Wellenberg, und Wellenthal auf Wellenthal liegen, mit andern Worten, es wird im durchfallenden Lichte in der Mitte ein heller Fleck gesehen werden, gerade so, als ob der Strahl *ac* einfach durchginge. Ich komme jetzt zu der Stelle *e*, an der sich ein Abstand der Gläser von einviertel Wellenlänge findet. Da wird wiederum der Strahl *le* einmal hindurchgehen, zweitens wird ein Theil desselben reflectirt nach *n*, und von dort wieder nach *α*. Dieser zweite Strahl *nα* hat einen Umweg von zweiviertel Wellenlänge gemacht: es wird also jetzt, da die beiden Reflexionen gleichartig waren, und somit an sich keinen Gangunterschied hervorbrachten, der Gangunterschied eine halbe Wellenlänge betragen. Da also, wo im auffallenden Lichte der erste helle Ring erschien, erscheint im durchfallenden Lichte der erste dunkle Ring, wie dies schon Newton beobachtete.

Ich gehe über zur Stelle *m*, die im auffallenden Lichte im ersten dunkeln Ringe lag. Hier betrug der Abstand der Gläser eine halbe Wellenlänge. Der Strahl *rm* geht hindurch nach *γ*. Ein Theil wird in *m* und dann in *q* reflectirt, und erzeugt den zweiten Strahl *qδ* mit einem Umwege von einer halben und noch einmal einer halben, also einer ganzen Wellenlänge. Hier wird also im durchfallenden Lichte ein heller Ring sein: kurz, wo im reflectirten Lichte helle Ringe waren, sind im durchfallenden Lichte dunkle Ringe. Wenn ich im gemischten Lichte beobachte, zeigt sich auch im durchfallenden Lichte ein System von farbigen Ringen. Sie sind um ein helles Centrum gelagert, und ihre Farben die Complemente, die Ergänzungen derjenigen, die sich im auffallenden Lichte zeigen, weil immer die Farbe, die reflectirt worden, nicht durchgegangen ist, und diejenige, welche durchgegangen, nicht reflectirt worden ist. Diese neue Farbenfolge nennt man die Farbenfolge des Newton'schen Ringsystems im durchfallenden Lichte. Ich muss bemerken, dass die Farben im durchfallenden Lichte nicht so lebhaft sind, wie im reflectirten Lichte. Das rührt daher, dass die Intensitäten der interferirenden Wellensysteme im durchfallenden Lichte viel ungleicher sind, als im reflectirten Lichte. Beim durchfallenden Lichte ist die Intentität der direct durchfallenden Strahlen immer gross im Verhältnisse zur Intensität der Strahlen, die zweimal reflectirt worden sind, und deshalb werden da, wo die Farben ausgelöscht werden sollen, diese eben nur sehr unvollkommen ausgelöscht.

In derselben Weise wie die Farben des Newton'schen Farbenglases entstehen alle jene durch dünne Schichten, durch dünne Häutchen hervorgebrachten Schillerfarben, denen wir an Gegenständen der Natur und an Gegenständen der künstlichen Production so oft begegnen. Es kann hier vorkommen, dass solche Häutchen im auffallenden Lichte Farben der Farbenfolge des durchfallenden Lichtes zeigen. Das geschieht nicht, wenn, wie beim Newton'schen Farbenglase, die dünne Schicht schwächer bricht als die beiden Medien, welche sie begrenzen, auch nicht, wenn sie stärker bricht: aber es geschieht, wenn ihre optische Dichtigkeit zwischen der der beiden begrenzenden Medien liegt. Der Grund davon ergibt sich leicht durch Wiederholung derselben Betrachtung, welche wir soeben über das Farbenglas angestellt haben.

Sie sehen, dass auch hier wieder die Undulationstheorie sich der Auflösung der optischen Probleme viel mehr gewachsen gezeigt hat, als

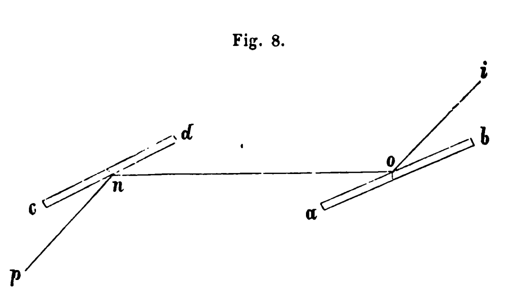
dies bei der Emanationshypothese der Fall war. Wir werden also nicht anstehen, uns zur Undulationstheorie zu bekennen, und das Licht als eine Bewegung anzusehen, welche an den kleinsten Theilchen vor sich geht. Da das Licht sich durch Räume, aus denen wir alle ponderablen Atome so viel als möglich fortgeschafft haben, noch ungeschwächt fortpflanzt, so sehen wir es an als Bewegung, welche zunächst nicht an den ponderabeln Atomen, sondern an den Aetheratomen vor sich geht.

Polarisation.

Es drängt sich uns jetzt die Frage auf: Wie geht denn diese Bewegung vor sich? Sie kann so vor sich gehen, dass die Aethermoleküle in derselben Richtung gestossen werden, in der sich das Licht fortpflanzt: dann würden die Lichtwellen Longitudinalwellen sein, wie es die Schallwellen sind. Sie kann aber auch so vor sich gehen, dass die Lichttheilchen sich in Ebenen bewegen, die senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung stehen, wie dies bei den Seilwellen und bei den Wasserwellen der Fall ist; dann würden die Lichtwellen Transversalwellen sein. Wenn die Lichtwellen Longitudinalwellen wären, also die Theilchen in der Richtung gestossen würden, in welcher sich das Licht fortpflanzt, und ich würde das Licht von einer spiegelnden Fläche reflectiren lassen, so würde es bei der Reflexion, wenn einmal die Fläche gegeben ist, nur auf den Winkel ankommen, unter welchem reflectirt wird. Es müsste vollständig gleichgiltig sein, ob ich dabei den Spiegel um die Verlängerung des Strahles als Axe drehe, denn dadurch würde ja die Relation zwischen den Aethertheilchen und der spiegelnden Fläche durchaus nicht geändert.

Anders verhält sich die Sache, wenn ich mir vorstelle, die Lichtwellen seien Transversalwellen. Dann wird dadurch allerdings etwas in den Relationen geändert. Schwingen dann die Theilchen bei schiefer Incidenz parallel der Fläche des Spiegels, und ich drehe dann den Spiegel um den Strahl als Axe um 90°, so schwingen sie so, dass sie auf die Fläche des Spiegels aufstossen. Nun lässt sich in der That zeigen, dass die Lage einer spiegelnden Fläche in dieser Weise nicht geändert werden kann, ohne dass nicht auch der Vorgang der Reflexion geändert würde. Denken Sie sich, Sie hätten eine Glasplatte *ab*, die Sie hinten schwarz angestrichen haben, zu keinem andern Zwecke, als damit die Reflexion nur an der vorderen Fläche der Glasplatte stattfinde. Denken Sie sich, Sie liessen einen Strahl *io* unter einem solchen Winkel auffallen, dass der gebrochene Strahl, der sich in der Glasplatte fortpflanzt, auf dem reflectirten Strahl *on* senkrecht stünde, so werden Sie an letzterem, wenn Sie ihn direct, und mit blossem Auge ansehen, noch nichts Besonderes bemerken. Nun stellen Sie aber einen zweiten schwarzen Spiegel *cd* parallel mit dem ersten auf und bringen Sie Ihr Auge in die Richtung des reflectirten Strahles *np*, so

Fig. 8.



werden Sie denselben ganz gut sehen, Sie werden, wenn Sie einen Gegenstand haben, der sich im Spiegel abbildet, das Bild dieses Gegenstandes sehen. Dann fangen Sie an, den zweiten Spiegel um die Verlängerung des auf ihn auffallenden Strahles *on* als um eine Axe herumzudrehen, und verfolgen dabei das Bild mit den Augen, so werden Sie bemerken, dass es immer lichtschwächer und lichtschwächer wird, und endlich, wenn Sie den Spiegel um 90^0 gedreht haben, wird dieses Bild verschwinden. Es ist etwas in der Art und Weise geändert, in der die Lichtwellen auf den Spiegel fallen, und wir müssen deshalb annehmen, dass die Lichtwellen nicht Longitudinalwellen sind, sondern Transversalwellen.

Es hat sich dieser Vorgang dahin erklärt, dass die Lichtwellen ursprünglich transversal, aber in sehr verschiedenen Richtungen liegen; dass aber, wenn das Licht einmal von einer spiegelnden Oberfläche in der Weise reflectirt worden ist, wie wir es hier haben reflectiren lassen, dass dann nur noch Schwingungen stattfinden, die nahezu in einer Ebene liegen. Diese eine Ebene stellt man sich vor als senkrecht stehend auf der Reflexionsebene, indem man als Reflexionsebene diejenige Ebene bezeichnet, in welcher sowohl der einfallende, als auch der reflectirte Strahl liegen.

In unserem Falle würde also die Schwingung nur noch senkrecht auf der Ebene des Papiers stattfinden. Unter diesen Umständen würde in der Lage, die ich dem Spiegel hier gegeben habe, das Licht noch reflectirt werden: wenn ich aber den Spiegel um die Verlängerung des Strahles *on* als Axe um 90^0 gedreht habe, findet keine Reflexion mehr statt, oder richtiger gesagt, die Impulse, welche jetzt noch reflectirt werden, sind so schwach, so unbedeutend, dass mir das Bild verschwindet. Solches Licht nun, bei dem die Schwingungen nur noch in einer Ebene stattfinden, nennt man geradlinig polarisirtes Licht.

Dergleichen geradlinig polarisirtes Licht kann man sich noch auf andere Art verschaffen. Man kann es sich erstens durch Brechung verschaffen. Der Strahl, der in das Glas hineingeht, ist auch polarisirt, und zwar stehen seine Schwingungen senkrecht auf den Schwingungen des reflectirten Strahles, oder, wie man sich ausdrückt, er ist senkrecht gegen die Polarisationsebene des reflectirten Strahles polarisirt. Seine Polarisation ist noch eine sehr unvollkommene, er wird aber immer vollständiger polarisirt, wenn ich ihn einer zweiten, dritten, vierten Brechung unterziehe, und das kann ich thun, indem ich eine Reihe von Glasplatten übereinander lege, und ihn schräg hindurchgehen lasse, und zwar erlange ich das beste Resultat, wenn ich ihn so hindurchgehen lasse, dass der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen stets senkrecht steht. Ich kann einen solchen Glassatz durch ein Dutzend Deckgläschen oder Objectträger herstellen und mir so auf dem Wege der Brechung geradlinig polarisirtes Licht verschaffen. Dergleichen Glassätze sind auch, früher mehr als jetzt, als sogenannte Köpfe, als Analyseure, für Polarisationsapparate angewendet worden.

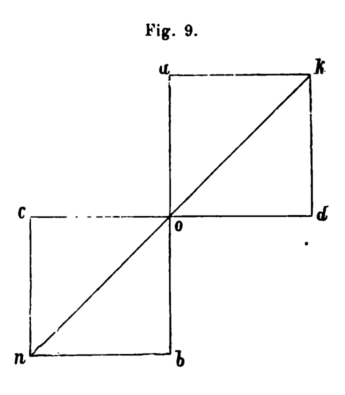
Ich kann mir ferner geradlinig polarisirtes Licht auf dem Wege der doppelten Brechung verschaffen. In den doppelt brechenden Krystallen schreiten bekanntlich zwei Wellensysteme, die zweierlei Strahlen, die sogenannten ordinären und die extraordinären, geben, fort. Beide Strahlen sind geradlinig, und zwar rechtwinklig auf einander polarisirt. Ich kann nun

entweder beide Strahlen benützen, wie dies beim doppeltbrechenden Prisma geschieht, oder ich kann einen Strahl durch Reflexion beseitigen, wie dies beim Nicol'schen Prisma geschieht, oder ich kann von vorne herein einen Krystall anwenden, in dem der eine Strahl absorbirt wird, wie dies beim Turmalin der Fall ist, der nur Schwingungen durchlässt, die in der Richtung der krystallographischen Hauptaxe schwingen. Wenn ich deshalb zwei Turmalinplatten übereinanderlege, und die eine derselben drehe, so kann ich bald durch dieselben hindurchsehen, bald bekomme ich ein dunkles Sehfeld, je nachdem das eine Mal die krystallographischen Hauptaxen der beiden Platten parallel, oder das andere Mal gekreuzt sind. Ich kann endlich statt der Turmaline auch ein künstliches Laboratoriumproduct, den Herapathit, das schwefelsaure Jodchinin, anwenden, das ähnliche Eigenschaften hat.

Wir haben bis jetzt angenommen, dass die Polarisation eine solche sei, dass die Impulse nur noch in einer Ebene oder wenigstens nahezu in einer Ebene stattfinden, mithin die Bahnen der Moleküle geradlinig sind, beziehungsweise Ellipsen von sehr grosser Excentricität darstellen. Wir müssen aber jetzt die verschiedenen Schwingungsweisen kennen lernen, welche das Licht annehmen kann.

Als wir früher von der Interferenz der Wellen gesprochen haben, haben wir immer angenommen, dass die beiden Wellensysteme, welche mit einander interferiren, in einer und derselben Ebene schwingen. Was geschieht nun aber, wenn zwei Wellensysteme zur Interferenz kommen, deren Schwingungen senkrecht auf einander stehen? Da gibt es verschiedene Möglichkeiten: Erstens die beiden Wellensysteme können sich in gleichen Phasen befinden. Denken Sie sich, *ab* sei die Schwingungsrichtung des einen Wellensystems und *cd* sei die des andern. Wir betrachten ein Molekül, wenn es von seiner Gleichgewichtslage ausgeht; es würde in der Zeit einer viertel Schwingungsdauer von den Impulsen des einen Wellensystems nach *a* und von den Impulsen des andern Wellensystems nach *d* geführt werden: diese beiden Impulse setzen sich nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammen, das Molekül wird also factisch nach *k* geführt werden. Von da wird es in seine Gleichgewichtslage zurückkehren und würde dann durch die Impulse des einen Wellensystems nach *c*, durch die des andern nach *b* geführt werden. Thatsächlich gelangt es also nach *n*. Sie sehen also ein, dass die Impulse sich so zusammensetzen, dass wiederum geradlinig polarisirtes Licht entsteht, das aber nun in einer Ebene schwingt, welche gegen die beiden ursprünglichen Schwingungsrichtungen unter Winkeln von 45° geneigt ist.

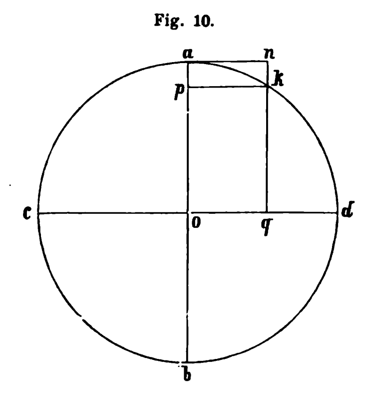
Fig. 9.



Denken Sie sich aber, es sei das eine Wellensystem gegen das andere um eine viertel Wellenlänge voraus. Es seien *ab* und *cd* (Fig. 10) wiederum die beiden Schwingungsrichtungen, und es sei durch die Länge der Linien auch zugleich die Amplitude bezeichnet, die Elongation, bis zu

welcher das Molekül von den Impulsen jedes einzelnen Wellensystemes allein hinausgetrieben werden würde. Wenn die beiden Wellensysteme einen Gangunterschied von einer viertel Wellenlänge haben, wird, wenn die Elongation von dem einen Wellensysteme aus ein Maximum ist, das andere Wellensystem das Molekül durch die Gleichgewichtslage treiben, und, wenn dieses zweite Wellensystem es wiederum zum Maximum der Elongation gebracht hat, würde es, von dem ersten Wellensysteme allein bewegt, durch die Gleichgewichtslage getrieben werden. Wenn sich also das Molekül in *a* befindet, so wird es einerseits, mit der Geschwindigkeit 0 anfangend, gegen *o* zurückzufallen suchen, anderseits aber wird seine Geschwindigkeit in der Richtung *cd* im Maximum sein. Es wird also im ersten Momente sich in tangentialer Richtung fortzubewegen suchen; in dem Grade aber, als seine Geschwindigkeit in der Richtung *ao* zunimmt, wird es aus dieser abgelenkt werden, so dass es einen Bogen beschreibt. Nach einer gewissen Zeit würde das Molekül durch die Impulse des Systems *ab* nach *p* und gleichzeitig durch die Impulse des Systems *cd* nach *n* getrieben worden sein. Thatsächlich wird es sich also in *k* befinden. Da wir uns die Lichtwellen durch Sinuscurven dargestellt denken müssen, so verhält sich *an* zu *ap*, wie der Sinus des Bogens *ak* zu dessen Sinusversus. Der Ort also, an den das Molekül gelangt ist, liegt in einer Kreisbahn, die durch *k* nach *d*, dann nach *b* und durch *c* wieder nach *a* zurückgeht. Ein solches Molekül also, welches von zwei Wellensystemen, die rechtwinkelig auf einander stehen und einen Gangunterschied von einer viertel Wellenlänge haben, getrieben wird, schwingt im Kreise herum, und solches Licht, bei dem die Moleküle nicht in einer Ebene, sondern im Kreise herumschwingen, bezeichnet man als circulär polarisirtes Licht. Dasselbe wird natürlich der Fall sein, wenn der Gangunterschied dreiviertel, fünfviertel Wellenlänge, kurz eine ungerade Zahl von Viertelwellenlängen beträgt.

Fig. 10.



Was wird nun geschehen, wenn zwei Wellensysteme, die rechtwinkelig auf einander stehen, zur Interferenz kommen, und einen Gangunterschied haben, welcher weder genau eine gerade Anzahl von Viertelwellenlängen, noch genau eine ungerade Anzahl von Viertelwellenlängen beträgt. Dann wird das Molekül weder in einer Ebene schwingen, noch sich im Kreise herumbewegen: es wird einen Weg beschreiben, der zwischen beiden liegt. Nun liegt aber zwischen einem Kreise und einer geraden Linie die Ellipse, denn der Kreis ist eine Ellipse, deren beide Axen gleich sind, und eine Ellipse, deren kleine Axe im Vergleich zur grossen Axe unendlich klein wird, geht in eine gerade Linie über. Die Bahnen werden also Ellipsen von verschiedener Excentricität bilden. Licht, in dem die Moleküle in Ellipsen schwingen, nennen wir elliptisch polarisirt für den Fall, dass Verhältniss und Lage der Axen constant bleiben.

Elliptische Schwingungen sind im polarisirten Lichte überaus häufig. Ein grosser Theil von dem Lichte, was wir geradlinig polarisirt nennen, ist elliptisch polarisirt; es ist nur die eine Axe der Ellipse sehr klein. Das ist zunächst der Fall bei allem Lichte, das durch Reflexion polarisirt ist. Es gibt aber auch Reflexionen, bei welchen die zweite Axe, die kleine Axe der Ellipse, nicht sehr klein, sondern so gross ist, dass auch bei den gröberen Versuchen das Licht sich nicht mehr als geradlinig polarisirt erweist. Das ist z. B. bei den Reflexionen an Metallen der Fall.

Wie sich nun zwei auf einander rechtwinklig und geradlinig polarisirte Strahlen zu einem circular polarisirten zusammensetzen können, so können sich umgekehrt zwei circular polarisirte Strahlen zu einem geradlinig polarisirten zusammensetzen. Man kann sich dies auf zweierlei Weise veranschaulichen. Erstens kann man sich die beiden circular polarisirten Strahlen in je zwei geradlinig polarisirte zerlegt denken. War die Drehung gleichsinnig, so fallen die vier Wellensysteme so auf einander, dass sich je zwei und zwei addiren. In ihrer Zusammensetzung geben sie dann also wieder einen circular polarisirten Strahl, aber von grösserer Amplitude. War aber die Drehung ungleichsinnig, so addiren sich nur zwei von den Wellensystemen, die beiden anderen vernichten einander, weil sie einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge haben. Man kann sich aber auch zwei halbkreisförmige Stücke der circulären Bahnen denken, die einander zu einem Kreise ergänzen, durch den da, wo sie aneinander gelegt sind, ein Durchmesser gezogen ist. Dann kann man sich für jedes kleinste Bahnstück die Impulse in zwei Componenten zerlegen, von denen die eine jenem Durchmesser parallel ist, die andere senkrecht auf ihm steht. War nun die Kreisbewegung in beiden Strahlen ungleichsinnig, so wird man finden, dass sich zwar die ersteren Componenten aus beiden Hälften addiren, die letzteren aber vernichten und so eine geradlinige Bewegung entsteht, deren Richtung der gezogene Durchmesser anzeigt. So lange beide Strahlen gleichen Gang haben, wird diese Richtung unverändert bleiben, wenn aber der eine Strahl dem anderen vorauseilt, so wird sich diese Richtung allmälig um das Centrum des Kreises als Axe drehen. Da diese Richtung die Schwingungsebene anzeigt, so nimmt diese somit im resultirenden Strahle die Gestalt einer windschiefen, einer aufgedrehten Fläche an, und mit ihr und in derselben Weise wird die stets senkrecht auf ihr gedachte Polarisationsebene gedreht. Wir werden hievon später eine wichtige Anwendung machen.

Schwingungen der Aethertheilchen im gemeinen Lichte.

In welcher Art schwingen die Moleküle im nicht polarisirten, im sogenannten gemeinen Lichte, wie es eben von den leuchtenden Körpern ausgeht? Es heisst, hier schwingen die Moleküle nach allen möglichen Richtungen. Nun sehen Sie aber leicht ein, dass ein Molekül sich nicht gleichzeitig nach allen Richtungen bewegen kann, sondern nur immer nach einer Richtung und zu derselben Zeit nach keiner anderen. Wie haben wir es uns also vorzustellen, dass die Moleküle zwar immer in Ebenen schwingen, die senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung stehen,

aber dass sie dabei in sehr verschiedenen Richtungen schwingen? Wir haben es uns so vorzustellen, dass sie in sehr kurzen Zeiträumen nacheinander ihre Schwingungsweise ändern, dass wir dies aber deshalb auch mittelst polarisirender Vorrichtungen nicht wahrnehmen, weil die Aenderungen so rasch aufeinander folgen, dass in unserem Auge der erste Eindruck noch nicht gewichen ist, wenn der nächste Eindruck kommt. Bekanntermassen überdauert in unserem Auge die Erregung den Reiz immer um eine gewisse Zeit, die nach der Stärke des Reizes verschieden ist, jedenfalls um so viel, dass, wenn in sehr kurzen Intervallen hintereinander Aenderungen eintreten, diese Aenderungen als solche nicht wahrgenommen werden, sondern ein gemischter Eindruck durch die zeitlich auseinander liegenden Reize entsteht. So mischen wir ja Farben, die auf einem Farbenkreisel aufgetragen sind, indem wir den Kreisel drehen.

Die gangbarste Vorstellung ist wohl die, dass sich die Schwingungsrichtung im gemeinen Lichte successive ändert. Wenn ich einen starken Stahldraht, dessen eines Ende ein blankes Knöpfchen trägt, mit dem anderen in einen Schraubstock spanne, und dann durch Anreissen oder Anschlagen in Schwingungen versetzte, so sehe ich das Knöpfchen eine Ellipse beschreiben. Ohne mein Zuthun ändert diese Ellipse fortwährend und allmälig ihre Excentricität und die Lage ihrer Axen. So denkt man sich auch die Veränderungen der Bahnen der Aethermoleküle im gemeinen Lichte.

Wenn nun gemeines Licht in geradlinig polarisirtes verwandelt wird, so geschieht dies so, dass man sich jeden einzelnen Impuls in zwei Componenten zerlegt denken muss, von denen die eine in der neuen Schwingungsrichtung liegt, die andere senkrecht auf ihr; erstere ist die wirksame, letztere die unwirksame, das heisst unwirksam für den Strahl, welchen wir eben in Betracht ziehen.

Ultraviolette Strahlen.

Nachdem wir uns so mit den Vorstellungen bekannt gemacht haben, die man vom Lichte hat, kehren wir zu dem Spectrum zurück, welches wir uns aus dem gemischten Lichte dadurch verschaffen, dass wir dasselbe durch ein Prisma gehen lassen. Sie wissen, dass wir in demselben eine Reihe von Farben erhalten, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett, welche dadurch entstehen, dass die verschiedenfarbigen Strahlen je nach ihrer Schwingungsdauer verschieden stark abgelenkt werden, die von der kürzesten Schwingungsdauer, die violetten, am meisten, die von der längsten Schwingungsdauer, die rothen, am wenigsten. Wenn Sie aber ein solches Spectrum photographiren, so erhalten Sie ein Bild, welches dem Spectrum, das Sie mit ihren Augen sehen, vollkommen unähnlich ist. Am rothen Ende des Spectrums fehlt ein Stück, und am violetten Ende des Spectrums erscheint ein Stück, das Sie früher gar nicht gesehen haben. Es müssen also die Strahlen von grosser Wellenlänge weniger gut auf das lichtempfindliche Papier wirken, dagegen muss es aber jenseits des Violett noch eine Menge von Strahlen geben,

welche man für gewöhnlich nicht sieht, und welche nichtsdestoweniger energisch auf das lichtempfindliche Papier wirken. Diese Strahlen sind es, welche man mit dem Namen der chemischen Strahlen bezeichnet. Es ist klar, dass die Wellenlänge derselben kürzer sein muss, als die Wellenlänge der für gewöhnlich sichtbaren Strahlen, denn sie sind ja stärker brechbar.

Warum sehen wir denn diese Strahlen nicht? Es kann dafür zwei Gründe geben: Erstens können die Strahlen von den optischen Medien unseres Auges absorbirt werden, so dass sie gar nicht zur Netzhaut gelangen, und zweitens wäre es möglich, dass sie durch die optischen Medien unseres Auges zwar hindurchgingen, dass sie aber vermöge ihrer geringeren Wellenlänge nicht in gleichem Grade wie die übrigen Strahlen im Stande wären, die Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen. Wir müssen die erste Möglichkeit zunächst ins Auge fassen: die optischen Medien des Auges und namentlich die Linse absorbiren in der That diese Strahlen ziemlich stark. Man bemerkt dies an der Wirkung, welche sie auf Guajakharz und andere lichtempfindliche Substanzen ausüben, vor und nachdem sie durch eine Thierlinse hindurchgegangen sind. Es ist, wie gesagt, namentlich die Linse, die diese Strahlen stark absorbirt, denn sie absorbirt davon nahezu ebenso viel, wie die ganzen optischen Medien zusammengenommen. Bei Untersuchungen, die im Laboratorium von Helmholtz gemacht worden sind, hat es sich herausgestellt, womit diese starke Absorption zusammenhängt. Sie hängt mit der sogenannten Fluorescenz der Linse zusammen.

Man fand zuerst an gewissen Arten von Flussspath, namentlich an dem Flussspathe von Alston Moore, eine merkwürdige Eigenschaft, die darin bestand, dass derselbe, wenn er beleuchtet wurde, aus seinem Innern Licht zerstreute, und man nannte diese Erscheinung nach dem Flussspathe (fluor spar) Fluorescenz. Man fand dieselbe Erscheinung auch an einer Lösung von gewöhnlichem käuflichem Chinin in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser; man fand, dass, wenn Sonnenstrahlen, die durch den Spalt eines Fensterladens einfallen oder mittelst einer Linse concentrirt sind, durch eine solche ganz klare Lösung gehen, sich darin ihr Weg in ähnlicher Weise abzeichnet, wie er es z. B. in einem Zimmer thut, in dem viel Staub herumfliegt, oder das mit Tabakrauch erfüllt ist. Die ganze Bahn der Strahlen ist durch eine schön lichtblaue Farbe ausgezeichnet.

Man glaubte anfangs, dass dies, wie beim Staube und Tabakrauch, reflectirtes Licht sei. Wenn es reflectirtes Licht wäre, so müsste es polarisirt sein, denn alles reflectirte Licht ist polarisirt, nur mehr oder weniger vollkommen. Wenn man aber durch eine polarisirende Vorrichtung, z. B. durch ein Nicol'sches Prisma auf diese schöne Lichterscheinung hinsieht, so kann man, wenn man das Prisma wie immer dreht, keinen Unterschied bemerken, die Lichterscheinung wird nicht heller und nicht dunkler. Dieses Licht ist also nicht polarisirt und somit auch kein reflectirtes.

Stokes kam nun auf den glücklichen Gedanken, das Licht, ehe es durch die schwefelsaure Chininlösung hindurchgeht, mittelst eines Prismas in seine Farben zu zerlegen, und fand, dass das Roth und das Gelb, wenn sie durch die schwefelsaure Chininlösung hindurchgehen, ihren

Weg darin nicht verzeichnen, dass aber im Blau die Erscheinung anfängt, und dass sie weit über das violette Ende des Spectrums hinausgeht, dass noch weit jenseits des sichtbaren Lichtes der Weg von Strahlen in der Chininlösung verzeichnet ist, die wir für gewöhnlich gar nicht sehen.

Es hatte sich schon bei früheren Versuchen, bei denen man einfach gemischtes Licht einfallen liess, gezeigt, dass die Lichterscheinung sich durch eine sehr dicke Schicht von Chininlösung fortsetzt, wenn die letztere sehr verdünnt ist. Wenn sie dagegen concentrirt ist, so ist zwar die Lichterscheinung dort sehr stark, wo das Licht eintritt, wird aber nach und nach schwächer und hört endlich in einer gewissen Tiefe der Lösung ganz auf. Es weist dies darauf hin, dass durch die Erscheinung bestimmtes Licht verbraucht wird, und nun das übrige, welches noch hindurch geht, nicht mehr im Stande ist, die Erscheinung hervorzubringen. Stokes fand ferner, als er das Licht, welches hier aus dem Innern zerstreut wird, mit dem Prisma zerlegte, dass es noch zusammengesetztes Licht war. Er fand ferner, dass die Wellenlänge der einzelnen Lichtsorten immer grösser war als die des erzeugenden Lichtes. Von diesem letzteren nach Stokes benannten Gesetze hat indessen Lommel Ausnahmen gefunden an gewissen fluorescirenden Körpern, welche sich auch in Rücksicht auf die Dispersion ungewöhnlich verhielten. Nur die mittlere Brechbarkeit des Fluorescenzlichtes ist nach ihm bei allen Körpern kleiner als die des erzeugenden, während die der kurzwelligsten Strahlen des Fluorescenzlichtes auch grösser sein kann.

Wenn man dies alles zusammenhält, muss man auf folgende Erklärung kommen: Es gibt gewisse Körper, in welchen das Licht von kurzer Schwingungsdauer, wenn es hindurchgeht, nicht nur seine lebendige Kraft einfach fortpflanzt oder in dunkle Wärme verwandelt, sondern in denen es Lichtwellen anderer Farbe, Schwingungen von anderer, und im Allgemeinen von längerer Schwingungsdauer erzeugt. Diese Lichtwellen verbreiten sich von jedem Punkte der Lichtbahn nach allen Richtungen hin, und deshalb sehen wir die Lichtbahn leuchtend. Wir sehen die Lichtbahn auch der dunklen Strahlen jenseits des Violett leuchtend, weil die erzeugten Wellen von grösserer Schwingungsdauer und deshalb für uns sichtbares Licht sind.

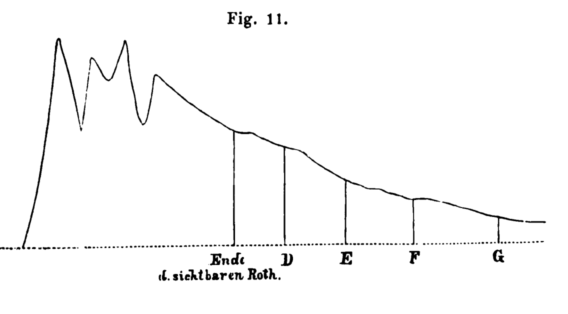
Man kennt jetzt eine sehr grosse Anzahl von Körpern, die in dieser Weise fluoresciren, und die Licht von sehr verschiedenen Farben zerstreuen. Uranglas fluorescirt grün, ein alkoholischer Auszug von Lakmus fluorescirt gelb. Man weiss, dass die Erscheinung so verbreitet ist, dass es oft schwer ist, sich vor ihr zu schützen. Wenn man z. B. ein Spectrum auf einer Papierfläche auffängt, so hat man nicht mehr die wahren Farben allein, weil das Papier, wenn auch schwach, fluorescirt. Auch Theile des menschlichen Auges fluoresciren, und zwar ist es zunächst die Linse, die am stärksten fluorescirt, und daraus erklärt sich auch, warum sie die ultravioletten Strahlen so stark absorbirt. Denn das Licht, welches wir als fluorescirend sehen, wird ja nicht aus Nichts erzeugt, sondern für dasselbe wird ja lebendige Kraft verbraucht, die lebendige Kraft der erzeugenden Strahlen, die hier in erster Reihe die dunklen Strahlen jenseits des Violett sind. Hinzufügen muss ich noch, dass die Netzhaut selbst fluorescirt. Andererseits hat Donders nachgewiesen, dass die ultravioletten Strahlen auf diesem Wege nicht vollständig verbraucht werden, denn,

wenn man sie durch die Linse allein, oder auch durch die ganzen optischen Medien des Auges hindurchgehen lässt, und eine Chininlösung aufstellt, so erzeugen sie in dieser noch einmal Fluorescenz. Man muss also annehmen, dass unsere Netzhaut an und für sich für Strahlen von so kurzer Schwingungsdauer unterempfindlich ist, das heisst, dass sie dagegen weniger empfindlich ist, als gegen Strahlen von grösserer Schwingungsdauer. Unempfindlich ist sie dagegen nicht, denn diese Strahlen, die wir als unsichtbare ultraviolette Strahlen ansehen, sind nicht ganz unsichtbar, sondern nur schwach sichtbar. Davon kann man sich überzeugen, wenn man den Theil des Spectrums, den man immer mit seinen Farben gesehen hat, mit einem Schirme bedeckt: dann tritt jenseits das Violett, wo man früher nichts gesehen, noch ein Theil des Spectrums zu Tage, weil man jetzt nicht durch die andern Farben des Spectrums geblendet ist. Schon ältere Beobachter haben auf diese Weise einen grossen Theil der ultravioletten Strahlen gesehen, und in neuerer Zeit hat man sie bei gesteigerter Lichtstärke, Anwendung von Bergkrystallprismen statt Glasprismen, und vervollkommten Beobachtungsmethoden noch weiter verfolgt. Es existiren verschiedene Angaben über den Eindruck der Farbe, den diese Strahlen machen. Sie scheinen in der That nicht auf alle Augen gleich zu wirken. Einige geben an, dass sie diese Strahlen violett, andere, dass sie sie blaugrau, andere, dass sie sie silbergrau sehen, ohne einen deutlichen Stich ins Blau oder Violett.

Die strahlende Wärme.

Das Wärmemaximum im Spectrum fällt nicht nothwendig mit dem Lichtmaximum zusammen. Es hat eine verschiedene Lage, je nachdem das Licht von der Sonne oder von einem anderen glühenden Körper kommt. Auch sind die Wärmewirkungen nicht dort begrenzt, wo die Lichtwirkungen begrenzt sind. Wo nicht die Strahlen grösserer Wellenlänge vorher absorbirt sind, reichen erstere stets über das rothe Ende des Spectrums hinaus. Wir haben also hier eine mehr oder weniger grosse Menge von Strahlen von grösserer Wellenlänge als das Roth, die wärmen, aber nicht leuchten. Fig. 11 zeigt das Wärmespectrum der Sonne nach Lamansky durch ein Steinsalzprisma entworfen. Es ist in demselben das Ende des sichtbaren Roth verzeichnet, und ausserdem die Frauenhofer'sche Linie *D* im Gelb, die Linie *E* im Gelbgrün, *F* im Grünblau und *G* im Indigblau, um eine Vorstellung von dem Verhältniss der dunklen Wärme zur leuchtenden zu geben. Die grösste Helligkeit des Spectrums fällt zwischen *D* und *E*. Die Wärmeintensitäten sind den Höhen proportional, zu denen sich die Curve in der Figur erhebt. Es muss indessen bemerkt werden, dass ein solches

Fig. 11.



Spectrum keine richtige Vorstellung gibt von den Wärmeintensitäten, die durch die einzelnen Strahlungen von bestimmter Wellenlänge repräsentirt werden. In dem durch Brechung erzeugten Spectrum werden die Strahlen um so mehr auseinandergezerrt, je stärker sie gebrochen werden. Es müssen also die Intensitäten am violetten Ende zu gering, am rothen Ende und noch mehr im ultrarothen Theile zu gross erscheinen. Bringt man dieses, wie es Lundquist gethan hat, in Rechnung, so findet man, dass für das durch Steinsalz gegangene Sonnenlicht das Maximum ins leuchtende Spectrum, und zwar zwischen die Frauenhoferschen Linien D und E fällt. Zu demselben Resultate ist auch Mouton durch seine in späterer Zeit angestellten Untersuchungen gelangt. Langley untersuchte mit einem für seinen Zweck eigens construirten Instrumente, der actinischen Waage, direct das Gitterspectrum, welches die Verzerrung nicht zeigt, die dem prismatischen Farbenbilde anhaftet. Er fand nur ein Maximum und dieses lag im Orange. Die grossen Abweichungen verschiedener Beobachter liegen in der Natur der Sache. Die gestellte Aufgabe lässt überhaupt keine allgemeine Lösung zu. Man misst ja stets nur die Wärme, welche an die Messvorrichtung übertragen wird, und diese braucht nicht für alle Wellenlängen derselbe Bruchtheil der Gesammtwärme der Strahlung zu sein. Dieser Bruchtheil kann sich ändern mit der Natur des wärmeaufnehmenden Materials, und zwar nicht für alle Wellenlängen in derselben Weise: dass dem wirklich so sei, ist sogar in hohem Grade wahrscheinlich. Uns genügt es hier zu wissen, dass es eine grosse Menge von Wärmestrahlen gibt von grösserer Wellenlänge als das äusserste Roth, dunkle Wärmestrahlen. Von den grössten Wellenlängen, die man gemessen hat, gehen nach verschiedenen Angaben noch 520 bis 533 auf den Millimeter. Sie sind also nahe $3^1/_2$mal so lang als die Lichtwellen im hellsten Theile des Spectrums.

Um diese dunklen Strahlen möglichst vollständig zu erhalten, muss man, wie Macedonio Melloni fand, nicht ein Glasprisma, sondern ein Steinsalzprisma anwenden, da Glas eine zu grosse Menge von ihnen absorbirt. Noch weniger Wärme lässt eine Alaunplatte durch, so dass wir hier drei farblos durchsichtige Medien haben, Steinsalz, Glas und Alaun, welche die Wärme in höchst ungleichem Grade durchlassen. Das scheint darauf hinzudeuten, dass Licht und strahlende Wärme qualitativ verschieden sind. Melloni versuchte, um die Nichtidentität von Licht und von strahlender Wärme nachzuweisen, Licht ohne Wärme darzustellen. Dies gelang ihm in der That, indem er ein Gefäss machte, das er vorn und hinten mit einem mit Kupferoxyd grüngefärbten Glase verschloss und mit Wasser füllte. Durch diese Combination von Wasser und grünem Glase ging grünes Licht noch sehr gut hindurch, so dass es eine bedeutende Helligkeit verbreitete, aber mit seinem empfindlichsten Thermoskop konnte er keine Wärme mehr nachweisen. Auch bei der Untersuchung der reflectirten Wärme zeigte es sich, dass man aus der Lichtreflexion der Körper keinen Schluss machen könne auf die Wärmereflexion. Kurz in der ganzen ersten Reihe von Melloni's Untersuchungen sah es aus, als ob sich Licht und Wärme als ein Paar vollkommen verschiedener Agentien zeigen würden.

Nichtsdestoweniger ist Melloni in seinen späteren Jahren vollständig zu der Ueberzeugung gekommen, dass Licht und Wärme mit ein-

ander identisch sind, dass sich die dunkle strahlende Wärme von der leuchtenden, welche wir Licht nennen, nur durch die Schwingungsdauer unterscheidet. Die anscheinenden Unterschiede verlieren ihren Werth durch folgende Betrachtung. Nehmen wir an, die dunklen Wärmestrahlen wären unsichtbar, entweder weil sie nicht zu unserer Netzhaut gelangen, indem sie von den optischen Medien absorbirt werden, oder weil sie vermöge ihrer grösseren Schwingungsdauer nicht mehr das Vermögen haben, die Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen. Dann klären sich alle anscheinenden Widersprüche auf, dann verschwinden alle scheinbaren Unterschiede zwischen Licht und strahlender Wärme. Einer der wesentlichen Unterschiede bestand darin, dass wir eben diese Strahlen nicht sehen. Dieser ist hiermit von selbst aufgeklärt. Ein anderer Unterschied bestand darin, dass gleich durchsichtige Körper die Wärme so ungleich durchlassen, dass Steinsalz sehr viel Wärme hindurchlässt, dagegen Alaun sehr wenig Wärme hindurchlässt. Nun denken Sie sich, dass eine Alaunplatte nur gerade diejenige Wärme einigermassen gut durchlässt, welche solche Wellenlängen hat, dass wir sie sehen; dass die Steinsalzplatte diese Wärme auch durchlässt, aber ausserdem noch alle übrige, welche wir nicht sehen: so begreifen Sie leicht, dass beide gleich durchsichtig sein können, und dass die eine sehr viel, die andere sehr wenig Wärme durchlassen wird.

Denken Sie sich weiter, Sie hätten zwei Körper, die anscheinend das Licht gleich gut reflectiren, die aber die Wärme sehr ungleich reflectiren, so kann das so geschehen, dass der eine dieser Körper diejenigen Wärmestrahlen reflectirt, welche wir sehen, dass der andere diese Wärmestrahlen auch reflectirt, aber ausserdem diejenigen, welche wir nicht sehen. Dann erklärt sich dieser Unterschied ebenso, wie der, welcher zwischen der Steinsalzplatte und der Alaunplatte besteht.

Endlich, wenn wir uns fragen, wie war es möglich, dass Melloni Licht ohne Wärme darstellen konnte, wenn doch beide identisch sein sollen, so ist darauf die Antwort, dass seine Combination von Wasser und mit Kupferoxyd gefärbtem grünen Glase voraussichtlich gar keine Strahlen von grosser Wellenlänge durchliess, da schon das Wasser die dunklen in hohem Grade absorbirt, und das erwähnte Glas aus dem Spectrum auch noch das Roth fortnimmt, dass ferner auch von dem übrigen Lichte nur ein Bruchtheil hindurchging, aber ein Bruchtheil, der sehr gut durch die optischen Medien des Auges ging. Man braucht dann nur die unter solchen Umständen sehr wahrscheinliche Annahme zu machen, dass die Netzhaut gegen solche Strahlen viel empfindlicher war, als Melloni's Thermoskop, um zu dem Resultate zu gelangen, dass zwar noch strahlende Wärme vorhanden war, aber so wenig, dass sie sich mit dem Thermoskop nicht nachweisen liess, während sie die Retina noch lebhaft zur Empfindung des Leuchtenden erregte.

Wir werden uns dieser Erklärung zuwenden, wenn wir finden, dass im Uebrigen strahlende Wärme und Licht sich ganz analog verhalten, und das finden wir in der That.

Wir wissen erstens, dass die strahlende Wärme in derselben Weise und nach denselben Gesetzen reflectirt wird, wie das Licht. Der Brennspiegel war bekanntlich schon im Alterthume bekannt. Wir wissen ferner, dass strahlende Wärme nach denselben Gesetzen gebrochen wird, nach

denen das Licht gebrochen wird. Sie wissen, dass wir mit einem Brennglase die strahlende Wärme der Sonne concentriren.

Beim Lichte waren es wesentlich die Interferenzerscheinungen, welche uns veranlasst haben, das Licht als eine Wellenbewegung anzusehen. Wir haben diese Interferenzerscheinungen zuerst im Beugungsspectrum kennen gelernt. Es fragt sich: zeigt die strahlende Wärme auch Interferenz? Fizeau und Foucault haben die Interferenz auch da, nur auf anderem Wege, nachgewiesen. Sie bedienten sich dabei eines sehr kleinen Alkoholthermometers, das durch die Beugungsstreifen von Stelle zu Stelle hindurchgeführt und mittelst eines Mikroskops abgelesen wurde.

Da sich die strahlende Wärme auch durch den leeren Raum fortpflanzt, so müssen wir hier, wie beim Lichte annehmen, dass es nicht nur eine Wellenbewegung sei, sondern dass es eine Wellenbewegung an den Aethertheilchen sei, und es bleibt uns nur noch übrig zu fragen, ob diese Wellen Transversalwellen oder Longitudinalwellen seien. Bei dem Lichte haben wir die gleiche Frage durch die Polarisation zu entscheiden versucht. Ist die strahlende Wärme polarisirbar? Man könnte versuchen, die Wärme mittelst Brechung durch einen Satz von Glasplatten zu polarisiren. Aber die Wärme geht so schlecht durch Glas hindurch, dass hiebei sehr viel absorbirt werden würde. Der schottische Physiker Forbes fand vor einer langen Reihe von Jahren ein anderes Auskunftsmittel. Wenn man eine Glimmerplatte erhitzt, so lösen sich die einzelnen Lamellen von einander, so dass sie nun aus einer sehr grossen Menge sehr dünner Plättchen besteht. Wenn man eine so zugerichtete Glimmerplatte schief gegen die einfallenden Strahlen aufstellt, und ihr gegenüber und parallel mit ihr eine zweite eben solche, so hat man einen Polarisationsapparat für die strahlende Wärme. Auf dessen einer Seite stellte Forbes die Wärmequelle, auf der anderen sein Thermoskop auf. Drehte er nun die eine Glimmerplatte um den einfallenden Strahl als Axe, so zeigte das Thermoskop eine Abnahme der Wärme an. Die letztere wurde ein Minimum, wenn die Drehung 90° betrug, und nahm von da an wieder zu. Kurz es geschah Alles wie beim Licht, nur dass man an die Stelle der Wörter heller und dunkler, wärmer und weniger warm setzen musste. Später ist auch die Polarisation der Wärme durch Reflexion und durch doppelte Brechung nachgewiesen worden. Kurz, jeder Unterschied zwischen Licht- und Wärmewellen, mit Ausnahme der Wellenlänge, verschwindet. Wir müssen uns deshalb der früher erwähnten Hypothese zuwenden, und haben uns nur noch zu fragen: Weshalb erregen diese Wärmestrahlen unsere Netzhaut nicht zur Empfindung des Leuchtenden? Gelangen sie nicht hin, oder haben sie an und für sich, ihrer grösseren Wellenlänge wegen, nicht das Vermögen, sie zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen?

Die dunklen Wärmestrahlen jenseits des Roth werden in sehr hohem Grade vom Wasser absorbirt, und da sich in unserem Auge eine zolldicke Wasserschichte befindet, so ist dies schon hinreichend Grund dafür, dass wenigstens ein grosser Theil der Strahlen absorbirt wird. In neuerer Zeit ist die Durchgängigkeit der optischen Medien des Auges für dunkle Wärmestrahlen von Ferd. Klug direct untersucht worden. Er fand, dass die Absorption noch bedeutend stärker war als die von Wasser,

dass aber doch noch ein nicht zu vernachlässigender Bruchtheil hindurchging.

Ganz unsichtbar sind nun zwar die Strahlen nicht, deren Brechbarkeit geringer ist, als die des rothen Endes des für gewöhnlich sichtbaren Spectrums. Der ältere Seebeck hatte sie schon im Jahre 1820 als einen schwachen Schein gesehen, und Brewster beobachtete sie, nachdem er längere Zeit im Dunkeln verweilt hatte, mittelst eines Fernrohres, das er mit schwarzem Sammt ausgekleidet hatte. Aber sie müssten nach Ferd. Klug's Messungen doch einen viel grösseren Effect hervorbringen, wenn sie ein ähnliches Vermögen hätten die Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen, wie die Strahlen des für gewöhnlich sichtbaren leuchtenden Spectrums. Es muss ihnen dasselbe theils ganz abgehen, theils in viel geringerem Grade zukommen. Wir werden später in der Optik sehen, dass dies mit unseren jetzigen Anschauungen über Licht- und Farbenempfindung keineswegs im Widerspruch steht.

In welchem Verhältnisse stehen nun strahlende Wärme und sogenannte thermometrische Wärme, die in den Körpern verharrt und sich in ihnen durch Leitung fortpflanzt, zu einander?

Strahlende Wärme erzeugt thermometrische Wärme, denn sie erwärmt die Glas- oder Alaunplatte, durch welche sie hindurchgeht, deutlich. Wir denken uns, dass dies geschieht, indem von den Aethertheilchen Bewegung an die ponderablen Atome übertragen wird. Dass dem wirklich so sei, zeigt uns ein Wassertropfen, auf den wir eine intensive Strahlung richten, er fängt an rascher und rascher zu verdampfen, das heisst, seine stärker bewegten Theilchen werden nach allen Seiten hin fortgeschleudert. Zu dieser Vorstellung passt es auch, dass sich die Wärme durch den leeren Raum zwar durch Strahlung, aber nicht durch Leitung fortpflanzt. Andererseits erzeugt die thermometrische Wärme strahlende Wärme, indem die ponderabeln Atome die Aetheratome nach allen Richtungen hin in Bewegung setzen.

Wenn wir nun Licht und Wärme, sowohl die geleitete als die strahlende, als Bewegungserscheinungen kennen gelernt haben, bleiben uns jetzt noch die Erscheinungen der Electricität, des Magnetismus und Diamagnetismus übrig. Können wir dieses ganze Gebiet der Physik auch als lediglich von Bewegungserscheinungen handelnd betrachten? Dazu haben wir in der That ein Recht, denn Alles, was im ganzen Gebiete der Electricität und des Magnetismus und Diamagnetismus wirklich existirt, was wirklich in die Sinne fällt, das sind alles entweder Massenbewegungen, oder Erscheinungen von Licht und Wärme. Es nähern sich zwei Körper einander, sie ziehen, wie wir uns ausdrücken, einander an, oder sie entfernen sich von einander, wie wir uns ausdrücken, sie stossen einander ab, oder es sprühen Funken, es entstehen Blitze, es erhitzt sich ein Draht und kommt ins Glühen, kurz, wir mögen welche Erscheinung immer herausgreifen, wir kommen nur auf Licht- und Wärmeerscheinungen und auf Erscheinungen der mechanischen Bewegung. Das, was wir als Electricität und Magnetismus bezeichnen, das sind nicht die Erscheinungen selbst, sondern die gedachten Ursachen, die wir den Erscheinungen unterschieben, weil wir den Wechsel der Spannkräfte und lebendigen Kräfte, wie er in den Körpern stattfindet, und wie er zu den Erscheinungen Veranlassung gibt, nicht vollständig verfolgen können, und deshalb den

Erscheinungen gedachte Ursachen unterschieben, die wir mit Namen wie die der magnetischen Anziehung und der magnetischen Abstossung bezeichnen.

Wir sind also schliesslich zu dem Resultate gekommen, dass alle Erscheinungen, mit denen wir es überhaupt zu thun haben, Bewegungserscheinungen sind, theils Massenbewegungen, theils Bewegungen der kleinsten Theile, und so, wie wir dies auf die gesammte anorganische Natur anwenden, so müssen wir es auf die Organismen und endlich auch auf den menschlichen Organismus anwenden.

Thiere und Pflanzen.

Wir legen uns die Frage vor, worauf der wesentliche Unterschied zwischen den beiden grossen Abtheilungen von Organismen, den Thieren und den Pflanzen, beruhe. In alten Zeiten sah man als den wesentlichen Unterschied zwischen beiden das Bewegungsvermögen an. Man überzeugte sich aber dann, dass gewisse Organismen, welche man bisher für Pflanzen gehalten hatte, weil sie auf dem Boden des Meeres festgewachsen waren, und weil sie äusserlich Aehnlichkeit mit Pflanzen hatten, Thiere waren, und später lernte man Pflanzen kennen, welche sich bewegen, nicht nur einzelne Theile bewegen, sondern wirklich ihren Ort verändern. Man konnte also das Bewegungsvermögen nicht mehr als Kriterium zwischen Thieren und Pflanzen aufstellen. Auch die thierische Wärme kann man nicht wohl benützen, um Thiere und Pflanzen von einander zu unterscheiden. Denn, wenn auch alle Thiere Wärme bilden, so bilden doch einige von ihnen so wenig Wärme, dass wir mit unsern feinsten Hilfsmitteln nicht im Stande sind, sie nachzuweisen. Andererseits gibt es pflanzliche Organismen, welche in einzelnen Theilen, z. B. in den Blüthenkolben zu gewissen Zeiten nicht unbedeutende Mengen von Wärme bilden. In den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts, als man sich mehr und mehr überzeugte, dass allen pflanzlichen Geweben eine gewisse Grundform, die der sogenannten Zelle, zu Grunde liege, da glaubte man einen wesentlichen Unterschied zwischen Thier und Pflanze in der Structur gefunden zu haben. Aber bald veröffentlichte Theodor Schwann eine Abhandlung über die Aehnlichkeit der Structur der Thiere und Pflanzen, in welcher er nachwies, dass nicht nur gewisse pflanzliche Elementartheile gewissen thierischen im hohen Grade ähnlich sind, sondern dass sich in ganz ähnlicher Weise wie bei den Pflanzen auch alle thierischen Gewebselemente aus ursprünglich ähnlichen Grundformen entwickeln. Es blieb jetzt noch die Art der Befruchtung und der Fortpflanzung übrig, welche nach den älteren Beobachtungen bei Thieren und Pflanzen sehr wesentlich verschieden sein sollte. Je mehr man aber in neuerer Zeit in den Befruchtungsprocess der Pflanzen, namentlich in den gewisser Kryptogamen eingedrungen ist, um so mehr haben sich die Analogien zwischen Thieren und Pflanzen auch hier gemehrt.

Wenn man den wesentlichen Unterschied zwischen Thier und Pflanze auffinden will, muss man ihre Ernährung, ihren Assimilationsprocess, die Art ihres Wachsthums studiren.

Die Nahrungsmittel der Pflanzen sind Wasser, dann die Kohlensäure, die in der atmosphärischen Luft und im Wasser enthalten ist, endlich die

Salze, welche im Wasser aufgelöst sind, und gewisse stickstoffhältige Verbindungen, Salpetersäure, ferner Ammoniak und andere Verbindungen, welche grossentheils mit Leichtigkeit so zerfallen, dass Ammoniak als eines ihrer Zersetzungsproducte gebildet wird. Was erzeugt die Pflanze aus diesen Körpern, woraus besteht der Pflanzenleib? Der Pflanzenleib besteht der grossen Masse nach aus Kohlehydraten, das heisst aus Körpern, welche so zusammengesetzt sind, dass man sie als Verbindungen des Kohlenstoffes mit Wasser ansehen kann, weil sie aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, und die beiden letzteren in solchen Verhältnissen enthalten, dass sie gerade mit einander Wasser bilden; so, dass man diese Körper, wenn man nur ihre rohe Formel berücksichtigt, als Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasser ansehen kann. Ausserdem enthalten die Pflanzen eine grössere oder geringere Menge von sehr hoch zusammengesetzten und verhältnissmässig niedrig oxydirten stickstoffhaltigen Verbindungen, Eiweisskörper, die wir später genauer kennen lernen werden. Endlich enthalten sie noch eine Reihe anderer stickstofffreier niedrig-oxydirter und zum Theil unoxydirter organischer Verbindungen, Fette, Harze und ätherische Oele. Wenn wir diese Bestandtheile der Pflanzen mit den Nahrungsmitteln derselben vergleichen, so finden wir, dass die Nahrungsmittel verhältnissmässig einfach zusammengesetzte Verbindungen sind, dabei hochoxydirt, wie Kohlensäure und Wasser und die Salze, dass dagegen die Endproducte, die daraus gebildet sind, ein hohes Atomgewicht haben, hoch zusammengesetzt und niedrig oxydirt sind. Nun haben wir früher gesehen, dass bei chemischen Processen, bei denen hochoxydirte und niedrig zusammengesetzte Substanzen in niedrig oxydirte und hoch zusammengesetzte umgewandelt werden, lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt wird, dass, wie man sich früher ausgedrückt hat, bei ihnen Wärme latent wird. Woher ist die Wärme gekommen, vermöge welcher Kohlensäure, Wasser, Salze und Ammoniakverbindungen in Kohlehydrate, Eiweisskörper, Fette, Harze und ätherische Oele umgewandelt worden sind? Sie ist nichts anderes als die atmosphärische Wärme, die Wärme der Sonnenstrahlen. Unter ihrem Einflusse wachsen die Pflanzen, und unter dem Einflusse ihrer Schwingungen werden, wie durch eben so viele Hammerschläge, die Theilchen aus ihrer Gleichgewichtslage herausgetrieben, bis sich endlich die complicirten Verbindungen aufgebaut haben, aus denen der Pflanzenleib besteht. Wir können die Wärme, welche hierbei verbraucht worden ist, wieder gewinnen, wenn wir den Pflanzenleib wiederum oxydiren, wenn wir ihn so mit Sauerstoff verbinden, dass die stickstofflosen Endproducte wieder Kohlensäure und Wasser sind. Das geschieht, wenn wir ihn verbrennen. Die Verbrennungswärme eines pflanzlichen Organismus ist die Wärme, welche er verbraucht hat, während er gewachsen ist. Wenn wir im Herbst Holz in unsere Holzlagen tragen, um im Winter damit einzuheizen, tragen wir die Sommerwärme, die Sonne, die im Sommer geschienen hat, hinein, um sie im Winter in unseren Zimmern wieder frei zu machen. Wir begnügen uns nicht allein mit der Wärme aus der neueren Zeit, sondern wir nehmen auch die Wärme der vorhistorischen Zeit mit in Anspruch, indem wir die Steinkohlen aus der Erde graben, und diejenige Wärme wieder frei machen, welche beim Wachsthum vorweltlicher Kalamiten und Araukarien verbraucht worden ist.

Aber auch freiwillig, wenn sie abgestorben sind, zerfallen die Pflanzenleiber wiederum in ähnliche Producte, wie diejenigen sind, aus denen sie entstanden. Sie zerfallen in Kohlensäure, Wasser und in stickstoffhaltige Substanzen, welche wiederum den Pflanzen zur Nahrung dienen können. Deshalb ist nicht nur die Pflanzenwelt als Ganzes unabhängig, indem die zerfallenden, die absterbenden Pflanzen immer wieder die Nahrung für die neuen Pflanzen erzeugen, sondern man kann auch einzelne Pflanzen in einem geschlossenen Raume vegetiren lassen. Es ist dies verschiedene Male versucht worden. Man hat gewisse Pflanzen, die sich wegen ihrer Lebenszähigkeit dazu eignen, in eine hermetisch verschlossene Flasche eingeschlossen. Die Pflanze ist darin nicht gewachsen, sie hat nicht zugenommen, aber sie ist auch nicht ganz abgestorben, indem immer ein Theil daran abgestorben, daran verwest ist, und die Producte der Verwesung wieder dem übrigen zur Nahrung dienten, so dass wieder eine neue Knospe, ein neues Blatt getrieben wurde.

Ganz anders verhält es sich mit dem Lebensprocesse der Thiere. Die Nahrungsmittel der Thiere sind lauter hochzusammengesetzte und verhältnissmässig niedrig-oxydirte Körper. Es sind erstens die Eiweisskörper, welche entweder dem Leibe eines anderen Thieres, oder dem Leibe einer Pflanze entnommen werden, zweitens sind es die Fette, und drittens die Kohlehydrate. Diese Substanzen werden im thierischen Körper oxydirt, verbrannt. Die Zersetzungsproducte, die dabei entstehen, sind Kohlensäure, Wasser, etwas Ammoniak und eine grosse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen, die bei ihrer weiteren Zersetzung wieder Ammoniak geben, und welche als Nahrungsmittel für die Pflanzen, als Düngungsmittel, gebraucht werden können: ja es ist von besonderem Interesse zu sehen, wie directe Versuche ergeben, dass gerade die im thierischen Körper entstehenden Zersetzungsproducte der Eiweisskörper einzeln und in ihrer Gesammtheit zur Pflanzenernährung geeignet sind, während viele andere stickstoffhaltige Verbindungen, wie Chinin, Cinchonin, Kaffein und Morphium es nicht sind. Also die Substanzen, welche der Pflanzenleib aufgebaut hat, werden vom Thierleibe in umgekehrter Richtung wieder zerstört. Die Pflanze wandelt durch ihren Lebensprocess lebendige Kraft in Spannkraft um und die Thiere wandeln durch ihren Lebensprocess umgekehrt Spannkraft in lebendige Kraft um. Die Thierwelt ist in Folge dieses Lebensprocesses nicht unabhängig von der Pflanzenwelt, denn jedes Thier muss direct oder indirect seine Nahrung der Pflanzenwelt entnehmen. Wenn der Wolf ein Schaf auffrisst, so frisst er in diesem nur die organischen Verbindungen, welche das Schaf der Pflanzenwelt entnommen hat. Dafür aber entwickeln die Thiere durch ihren Lebensprocess eine grössere oder geringere Menge von lebendiger Kraft, welche bei ihnen zur Erscheinung kommt als bewegende Kraft und als thierische Wärme. Durch diesen Gegensatz erklären sich nun auch die Unterschiede, welche man schon früher an Thieren und Pflanzen beobachtet hatte. Es erklärt sich daraus, dass die Bewegung eine häufigere, eine verbreitetere Erscheinung in der Thierwelt ist als in der Pflanzenwelt, denn die Thierwelt erzeugt durch ihren Lebensprocess als solchen bewegende Kraft, die Pflanzenwelt aber verbraucht bewegende Kraft. Dies gilt jedoch nur, so lange wir den Lebensprocess als Ganzes ansehen. Auch im Thierleibe kommen Desoxydations-

processe vor und synthetische Processe, bei denen voraussichtlich lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt wird, und andererseits gehen in den Pflanzen Oxydationsprocesse vor, die man der Sauerstoffathmung der Thiere vergleichen muss, aber wenn die Bilanz des Kräfteumsatzes gezogen wird, so überwiegt bei den Thieren der Umsatz von Spannkraft in lebendige Kraft, bei den Pflanzen der Umsatz von lebendiger Kraft in Spannkraft. Doch damit ist es uns noch nicht möglich, bei jedem einzelnen Organismus zu erkennen, ob er der Thierwelt oder der Pflanzenwelt zuzurechnen ist. Bei gewissen kleinen Organismen hat es die grössten Schwierigkeiten, zu ermitteln, ob sie lebendige Kraft in Spannkraft, oder Spannkraft in lebendige Kraft umwandeln, ob sie das Vermögen haben, wie die Pflanzen, mit Hilfe des Kohlenstoffs der Kohlensäure andere Kohlenstoffverbindungen aufzubauen, aus sogenannten anorganischen Substanzen organische zu bilden, oder ob sie, wie die Thiere, mit Nothwendigkeit mit organischen Substanzen genährt werden müssen. Noch mehr complicirt sich die Sache dadurch, dass es zahlreiche Organismen gibt, bei denen zwar die synthetischen Processe überwiegen und die wir deshalb zu den Pflanzen rechnen, bei denen es aber doch mehr als bei anderen Pflanzen nothwendig ist, dass ihnen gewisse höher zusammengesetzte organische Verbindungen zugeführt werden, ohne welche sie nicht in Thätigkeit und Wachsthum erhalten werden können. Einen eigenthümlich zusammengesetzten Lebensprocess hat K. Brandt beschrieben. Einzelne Thiere, z. B. Radiolarien, nehmen Algen in sich auf und können nun in filtrirtem Meerwasser ohne weitere Nahrungsmittel leben. Die Algen bilden aus anorganischen Verbindungen organische, und auf Kosten dieser lebt das Thier. Nach Brandt sind alle chlorophyllhaltigen Organismen Pflanzen, oder Thiere, welche Pflanzen beherbergen.

Die thierische Wärme.

Wir haben gesehen, dass alle Thiere vermöge ihres Lebensprocesses Wärme erzeugen, und diese Wärme ist es, mit welcher wir uns zunächst beschäftigen wollen. Wir messen die Arbeit durch die Grösse eines Gewichtes, welches wir mit mg bezeichnen, multiplicirt mit der Höhe h, zu welcher dieses Gewicht hinaufgehoben wird. Da nun bewegende Kraft nur dadurch in Wärme umgesetzt wird, dass die Bewegung von den ganzen Massen sich an die kleinsten Theilchen überträgt, so muss ich auch für eine gewisse Arbeit eine gewisse Menge von Wärme bekommen, die mir umgekehrt, wenn ich sie in Arbeit zurückverwandeln würde, wieder dasselbe Quantum von Arbeit geben müsste. Ich könnte also die Wärme durch die Arbeit ausdrücken, welche ihr äquivalent ist. Ich könnte z. B. eine gewisse Menge von Wärme durch den Ausdruck ein Kilogrammmeter bezeichnen, indem ich darunter die Arbeit verstehe, welche nothwendig ist, um ein Kilogramm einen Meter hoch zu heben. Wenn ich mir 424 solche Wärmemengen zusammengetragen denke, so ist das nach sorgfältiger Vergleichung der von mehreren Beobachtern angestellten Versuche und Rechnungen so viel, wie ich brauche, um 1 Kilogramm Wasser von 0^0 auf 1^0 Celsius zu erwärmen. Hiemit habe ich eine

Wärmeeinheit, nach der ich die Wärme messen kann. Nun ist es aber andererseits klar, dass ich durch einen bestimmten chemischen Process eine bestimmte Wärmemenge bekommen muss, ich muss z. B. dadurch, dass ich ein Gramm Alkohol verbrenne, eine bestimmte Menge Wärme bekommen, und immer dieselbe, der Verbrennungsprocess mag verlaufen wie er will, wenn nur die Endproducte dieselben sind, und der verbrauchte Sauerstoff im freien Zustande vorhanden war; denn, indem die Atome aus einer bestimmten alten Stellung in eine bestimmte neue Stellung übergehen, muss immer eine bestimmte Menge lebendiger Kraft erzeugt werden, gleichviel auf welchem Wege und in welcher Zeit sie in die neue Stellung gelangen. Diese Wärmemenge kann ich an Wasser von 0° übertragen, und kann die Erwärmung messen, welche ich dadurch erhalte, und kann so nun wieder die Wärmemenge bestimmen, die mir ein Gramm Alkohol oder Aether oder Leuchtgas gibt. Das älteste und einfachste Instrument, das hiezu diente, war das Rumford'sche Calorimeter. Es beruht darauf, dass die Verbrennungsproducte durch ein Schlangenrohr geleitet werden, das mit destillirtem Wasser umgeben ist, damit sie ihre Wärme an das letztere abgeben, und dass man dann aus der bekannten Menge des Wassers und aus dessen Temperaturerhöhung die abgegebene Wärmemenge bestimmt. Nun denken Sie sich, Sie hätten zwei solche Calorimeter, ganz gleich beschaffen, aber in das eine füllten Sie statt des Wassers das gleiche Gewicht an Quecksilber von der gleichen Temperatur. Unter beiden verbrennen Sie eine gleiche Menge von Alkohol. Dann übertragen Sie an das Wasser und an das Quecksilber gleiche Wärmemengen. Es fragt sich nun, sind Wasser und Quecksilber nach Beendigung des Versuches im gewöhnlichen Sinne des Wortes auch gleich warm, wie sie anfangs gleich warm waren? Was heisst das, sie sind gleich warm? Lange, ehe man daran gedacht hat, Wärme zu messen, hat man sogenannte Temperatur gemessen, das heisst, man hat Quecksilber, Weingeist, Luft in Röhren eingeschlossen, und diese in die zu untersuchenden Medien eingesenkt, und nun versucht, wie weit sie sich ausdehnen, indem man ein Zeichen gemacht hatte, da wo ihre Volumgrenze bei 0°, und da wo ihre Volumgrenze bei der Temperatur des siedenden Wassers war; den Raum zwischen diesen Punkten, zwischen Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers, theilte man in 80 oder 100 gleiche Theile. Was misst man eigentlich hier? Man misst offenbar keine Wärmemengen, sondern man misst nur die Grenze, bis zu welcher ein Körper Wärme an einen andern abgibt. Wenn ein Körper längere Zeit mit einem andern in inniger Berührung ist, so muss offenbar ein Zeitpunkt eintreten, wo die sich bewegenden kleinsten Theilchen des einen keine lebendige Kraft mehr an die des andern übertragen, und wenn dieser Zeitpunkt eingetreten ist, so sagt man, sie haben gleiche Temperatur. Wenn Sie nun dem Quecksilber und dem Wasser gleiche Wärmemengen zugeführt haben, nachdem sie ursprünglich gleiche Temperatur hatten, und in jedes von beiden ein Weingeistthermometer einsenken, so finden Sie, dass die beiden Flüssigkeiten keineswegs gleich warm sind, Sie finden vielmehr, dass Sie dem Wasser etwa dreissigmal so viel Wärme zuführen müssen, ehe es auf dieselbe Temperatur kommt, auf welcher Sie das Quecksilber schon nach dem ersten Versuche gefunden haben. Wenn Sie statt des Weingeistthermometers ein Luftthermometer oder endlich ein Quecksilberthermometer anwenden, so finden Sie immer dasselbe Resultat.

Es liegt dies also nicht in einem gewissen Verhältnisse des einen oder des andern Mediums zum Weingeist, oder zur atmosphärischen Luft, oder zum Quecksilber; sondern es liegt in einer Eigenschaft der beiden Flüssigkeiten als solcher, und diese Eigenschaft bezeichnet man mit dem Namen der Wärmecapacität. Mit dem Namen der Wärmecapacität bezeichnet man die Fähigkeit eines Körpers, grössere oder geringere Mengen von Wärme aufzunehmen, ehe sich seine Temperatur von 0° auf 1° erhöht, und die Wärmemenge, welche er zu diesem Zwecke aufnehmen muss, bezeichnet man mit dem Namen der specifischen Wärme, indem man die specifische Wärme des destillirten Wassers gleich 1 setzt, und die der übrigen Körper auf dieselbe zurückführt.

Wenn wir also die Wärme im thierischen und menschlichen Körper betrachten, so müssen wir wohl unterscheiden die Wärmemengen, welche in demselben erzeugt, und welche von demselben abgeführt werden, und die Temperaturen, welche sich im Körper finden. Wenn es z. B. heisst, der menschliche Körper hält im gesunden Zustande seine Temperatur constant, so ist damit keineswegs gesagt, dass er seine Wärmemenge constant erhält, im Gegentheile, je nach der Temperatur des umgebenden Mediums gibt er mehr oder weniger Wärme ab, so dass die Gesammtsumme der Wärme sich vermindert oder vermehrt, nur die Temperatur seiner inneren Theile hält dem äusseren Wechsel gegenüber bis zu einem gewissen Grade Stand. Die Wärmemenge in den äusseren Theilen nimmt ab und zu, und mit ihr deren Temperatur.

Die thierische Wärme stammt, wie wir gesehen haben, aus der Summe der chemischen Processe, welche im lebendigen Körper stattfinden. Man hat darüber gestritten, ob die Wärme ausschliesslich aus der Respiration stamme. Dies ist eine Frage, die man mit Ja und mit Nein beantworten kann. Wenn man unter Respiration einen bestimmten abgegrenzten, etwa über das Blut oder gar nur über die Lunge verbreiteten Oxydationsprocess versteht, so stammt daraus nicht alle Wärme; wenn man aber Respiration im weitesten Sinne des Wortes nimmt, und darunter die Summe der chemischen Processe begreift, welche im lebenden Körper stattfinden, so ist diese es allerdings, aus der sämmtliche Wärme stammt. Man hat sich hievon durch den Versuch überzeugen wollen, ist aber dabei zu keinem rechten Resultate gekommen. Man hat Thiere in Blechkästen mit doppelten Wänden gesetzt, die mit Wasser gefüllt und mit schlechten Wärmeleitern umgeben waren. Die Thiere mussten also die Wärme, die sie abgaben, zunächst durch die Wand an das Wasser übertragen, und dort wurden sie durch die schlechten Wärmeleiter so viel als möglich zurückgehalten. Man konnte also aus der Temperaturerhöhung des Wassers die Menge der Wärme bestimmen, die das Thier innerhalb einer gegebenen Zeit abgegeben hatte. Andererseits suchte man aus den Respirationsproducten die Wärme zu bestimmen, welche die Thiere auf chemischem Wege während derselben Zeit bilden konnten. Man fand dabei immer ein Deficit, man fand immer, dass die Thiere mehr Wärme abgegeben hatten, als sie der Rechnung nach hatten bilden können. Aber gegen diese Versuche sind wesentliche Einwürfe zu machen. Erstens ist es nicht richtig, dass die Thiere ihre Wärmemenge in dem Calorimeter constant erhalten, wenn sie auch die Temperatur ihrer inneren Theile constant hielten. Ihre Ohren, ihre Pfoten, kurz ihre äusseren Theile, die

der umgebenden Temperatur mehr ausgesetzt waren, erkalteten bei solchen Versuchen; die Wärmemenge war also am Ende des Versuches geringer, als am Anfange desselben. Zweitens aber lässt sich auch wesentlich Einrede machen gegen die Art, wie die Rechnung angestellt worden ist. Man kann aus den Respirationsproducten nicht bestimmen, wie viel Wärme das Thier bilden konnte, denn die wahre Verbrennungswärme eines Körpers stimmt nicht mit derjenigen überein, welche man berechnet, wenn man annimmt, dass seine oxydablen Elemente sich im freien Zustande mit dem Sauerstoff verbunden hätten. Wenn z. B. ein Körper, der aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, verbrennt, so bildet er nicht nothwendig dieselbe Wärmemenge, welche man durch Rechnung findet, wenn man sich denkt, dass sich der Kohlenstoff mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft zu Kohlensäure, und der Wasserstoff mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft zu Wasser verbunden hätte. Das ist erfahrungsgemäss nur ausnahmsweise bei einzelnen Körpern, z. B. beim Weinalkohol näherungsweise der Fall. Endlich muss man sich aber sagen, dass diese ganzen Versuche im Principe anzugreifen sind. Bei diesen ganzen Rechnungen wird offenbar das Gesetz von der Erhaltung der Kraft vorausgesetzt: denn wenn ich das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nicht als richtig voraussetze, dann kann ich aus den Respirationsproducten nicht die Wärme berechnen wollen. Dann wäre es ja möglich, dass ein Gramm Kohlenstoff einmal mehr, das andere Mal weniger Wärme gibt, je nachdem er langsam oder schnell verbrennt. Wenn ich aber dieses Gesetz anerkenne, dann kann ich mir derartige Versuche ersparen, denn dann versteht es sich von selbst, dass keine Wärme aus nichts entsteht, sondern dass sie nur durch chemische oder mechanische Processe entstehen kann, die im Körper vor sich gehen.

Homöotherme und poikilotherme Thiere.

Bei der verschiedenen Intensität, mit welcher der Oxydationsprocess in den Thieren vor sich geht, und bei den verschieden günstigen Bedingungen, in denen sie sich befinden, um ihre Wärme zusammenzuhalten, sollte man auf den ersten Anblick glauben, dass es Thiere von allen möglichen Temperaturen gibt, ohne eine bestimmte Grenze, und doch ist ein auffallender Unterschied vorhanden, der schon den alten Zoologen auffiel, und nach dem sie die Thiere im Grossen und Ganzen in warmblütige und in kaltblütige eintheilten. Wir nennen die warmblütigen jetzt homöotherme; das soll aussagen, dass es solche Thiere sind, welche dem äusseren Temperaturwechsel gegenüber die Temperatur ihrer inneren Theile im normalen Zustande näherungsweise constant erhalten. Diejenigen Thiere, die man sonst als kaltblütige bezeichnete, nennen wir jetzt poikilotherme, wechselwarme, was nichts anderes ausdrücken soll, als dass nicht nur die Temperatur ihrer äusseren, sondern auch die ihrer inneren Theile mit der Temperatur des umgebenden Mediums schwankt.

Worauf beruht nun dieser wesentliche Unterschied zwischen homöothermen und poikilothermen Thieren? Dieser Unterschied beruht darauf, dass die einen relativ viel Wärme bilden, und sich unter relativ günstigen Umständen befinden, um diese ihre Wärme zusammenzuhalten, und die anderen, die kaltblütigen Thiere, entweder wenig Wärme bilden, oder

sich unter ungünstigeren Verhältnissen für das Zusammenhalten ihrer Wärme befinden. Im ersteren Falle muss sich die Temperatur bedeutend über die des umgebenden Mediums erheben, und ein solches warmblütiges Thier kann Wärmeverluste bis zu einem gewissen Grade ertragen, ehe die Temperatur seiner inneren Theile sinkt. Bei den kaltblütigen Thieren dagegen, die wenig Wärme bilden, muss die Temperatur schon deshalb mit der des umgebenden Mediums wechseln. Andere, die, wie die Insecten, mehr Wärme bilden, sind deshalb wechselwarm, weil sie bei ihrer Kleinheit und relativ grossen Körperoberfläche die gebildete Wärme zu rasch wieder verlieren.

Thermometer.

Die Instrumente, mit welchen wir die Temperatur messen, sind bekanntlich einerseits das Thermometer, und anderseits die Thermosäule mit dem Thermomultiplicator. Letztere wollen wir hier vorläufig nicht in Betracht ziehen, weil sie mehr dazu dient, kleine Unterschiede von Temperaturen zu messen, als dazu, um Temperaturen numerisch festzustellen. Um letzteres handelt es sich zunächst für uns, und deshalb ist jetzt für uns das wichtigere Instrument das Thermometer. Das Thermometer ist auch heutzutage in der Hand des Arztes ein unentbehrliches Instrument, weil es sich gezeigt hat, dass die Temperaturbeobachtungen in Krankheiten sowohl in diagnostischer als in prognostischer Beziehung von grösster Wichtigkeit sind.

Bis zu welchem Grade der Feinheit soll ein für praktisch medicinische Zwecke brauchbares Thermometer eingetheilt sein? Wenn es sich um rein praktische Untersuchungen handelt, so genügt es immer, wenn man Zehntel-Grade ablesen kann. Handelt es sich um mehr, sollen Hunderttel-Grade bestimmt werden, so ist es nicht gerade nöthig, dass die Thermometer in Hunderttel von Graden eingetheilt sind. Man kann auch hier mit einem in Zehntel-Grade getheilten auskommen. Wer überhaupt Untersuchungen machen will, bei denen es auf Hunderttel-Grade ankommt, wird sich auch schon eine solche Uebung im Schätzen von Bruchtheilen eines Grades an der Thermometerscala verschafft haben, dass es ihm nicht schwer sein wird, die Hunderttel zu schätzen, wenn die Zehntel-Grade hinreichend gross an der Thermometerscala angebracht sind. Ist dies der Fall, so irrt sich ein Geübter nicht leicht um ein Hunderttel eines Grades. Besitzt man nur ein Thermometer, das in ganze Grade getheilt ist, so ist man darauf angewiesen, die Zehntel zu schätzen. Dazu ist es wieder nöthig, dass die Grade hinreichend gross seien.

Welche Mittel gibt es, um die Thermometergrade hinreichend gross zu machen?

Zwei Mittel: man kann entweder das Thermometerrohr sehr dünn oder die Thermometerkugel sehr gross machen. Beides aber hat seine Unannehmlichkeiten. Wenn man einen sehr dünnen Quecksilberfaden hat, so sieht man ihn schlecht, was namentlich am Krankenbette bei der oft mangelhaften Beleuchtung Schwierigkeiten bereitet. Man hat deshalb Thermometerröhren, in deren Lumen der Querdurchschnitt nicht einen Kreis, sondern eine Ellipse von sehr ungleichen Axen, und die grosse Axe die Breite des Quecksilberfadens, oder hier richtiger des Quecksilber-

bandes darstellt. Dadurch wird allerdings das Quecksilber besser sichtbar, aber leider sind diese Röhren unregelmässiger im Kaliber, als die drehrunden. Mit nicht geringeren Schwierigkeiten kämpft man, wenn man die Thermometerkugel sehr gross machen will. Dann dauert es sehr lange, bis die ganze Quecksilbermasse die Temperatur des Körpers annimmt, und nach vielfach wiederholtem Ablesen bemerkt man noch immer ein geringes Steigen. Man hat deshalb den Mittelweg ergriffen: man macht das Quecksilberreservoir mässig gross, und gibt ihm dabei eine cylindrische Form, damit es eine grössere Oberfläche hat, mit der es mit den Körpertheilen in Berührung kommt. Wie soll man das Thermometer controliren? Um zu sehen, ob die Temperatur höher als die normale, oder niedriger als die normale, ist jedes Thermometer gut, das man einige Zeit im Gebrauche hat, und dessen Angaben man an gesunden Menschen geprüft. Aber diese relativen Temperaturbestimmungen genügen dem Arzte nicht, er will, dass seine Beobachtungen mit denen Anderer vergleichbar sind, er will nicht nur relative Temperaturen bestimmen, sondern er will die wahre Temperatur bestimmen. Wenn man sich in einer grösseren Stadt befindet, ist es im ganzen nicht schwer, sich eine Controle zu verschaffen. Man vergleicht sein Instrument mit den in den physikalischen Instituten, meteorologischen Anstalten, Sternwarten u. s. w. aufgestellten Normalinstrumenten. Anders verhält es sich aber, wenn man darauf angewiesen ist, es für sich selbst und unabhängig zu prüfen. Die ungenauen Angaben stammen bekanntlich zum Theile aus den Ungleichmässigkeiten im Kaliber der Röhren. Wo man keine Gelegenheit hat, den Theil der Scala, den man braucht, mit einem gut kalibrirten Normalthermometer Grad für Grad zu vergleichen, ist man genöthigt, selbst durch Kalibriren zu controliren, indem man ein durch einen Ruck abgetrenntes kurzes Quecksilbersäulchen die Scala nach und nach durchwandern lässt, und wenn es sich um seine ganze Länge verschoben hat, die letztere jedesmal genau misst. Darnach bringt man die nöthigen Correctionen an. Andere oft grössere Fehler wurzeln in der Bestimmung der Normalpunkte, des Thaupunktes, das soll heissen des Schmelzpunktes des Eises oder, wie man auch sagt, des Gefrierpunktes, und des Siedepunktes, und man muss deshalb ein Mittel haben, beide richtig zu bestimmen. Der Thaupunkt wird im Allgemeinen im schmelzenden Eise bestimmt. Wenn man aber zu viel Wasser und zu wenig Eis hat, so findet man den Thaupunkt etwas zu hoch, und er ist auch bei vielen käuflichen Thermometern zu hoch bestimmt. Man hat deshalb in neuerer Zeit vorgeschlagen, unterkühltes Wasser anzuwenden und zum Gefrieren zu bringen. Man kann bekanntlich Wasser, wenn man es ruhig erhält, in einer Kältemischung unter 0^0 erkälten. In solches Wasser steckt man das Thermometer, und wirft ausserdem einen Eiskrystall hinein. Dann gefriert es plötzlich. Beim Uebergange vom flüssigen Zustand in den festen wird aber Spannkraft in Wärme umgesetzt, es wird Wärme frei, und diese erwärmt das Wasser gerade bis auf die Temperatur von 0^0.

Den Siedepunkt controlirt man in den Dämpfen, die von siedendem Wasser aufsteigen. An vielen Thermometern ist der Siedepunkt zu hoch bestimmt, weil man ihn nicht in den Dämpfen, die vom siedenden Wasser aufsteigen, abgenommen hat, sondern in diesem selbst. Man kann Wasser bis über die Temperatur von 100^0 erhitzen, ehe es zum Sieden kommt, und dann entwickeln sich plötzlich stossend grosse Gasblasen,

indem sich im unteren Theile des Gefässes plötzlich und mit einer Explosion eine grössere Wassermenge in Dampf verwandelt. Man kann das sehr deutlich bemerken, wenn man bei gewöhnlichen chemischen Versuchen in einer Eprouvette eine Flüssigkeit kocht. Hält letztere Gase aufgelöst, so kommt sie zum regelmässigen Sieden; entfernt man sie aber, nachdem sie eine Weile gekocht hat, von der Flamme, und bringt sie dann wieder über dieselbe, so dauert es längere Zeit, ehe sie wieder siedet, und dann beginnt das Sieden mit plötzlicher, stossender Explosion. Wasser erhitzt sich bei diesem Versuche oft um mehrere Grade über 100.

Man macht sich deshalb folgenden Apparat. Man verschliesst einen weithalsigen gläsernen Kolben mit einem Stöpsel, der drei Durchbohrungen hat. In die zwei seitlichen steckt man Glasröhren, die man rechtwinkelig abbiegt. Sie sollen dazu dienen, die Dämpfe des siedenden Wassers so entweichen zu lassen, dass man durch sie beim Ablesen nicht behindert ist. Durch die mittlere Durchbohrung steckt man eine Röhre, in die mittelst eines kleinen Korks das Thermometer eingepasst und die unten mit einem Läppchen Tüll oder Gaze verschlossen ist. Sie wird so weit hinabgesenkt, dass sie sich noch in einiger Entfernung vom Niveau des destillirten Wassers befindet, das man in den Kolben hineingegossen hat. Man bringt das Wasser zum Sieden, und während es regelmässig siedet und der Dampf entweicht, liest man das Thermometer ab. Ist der Siedepunkt schon bestimmt, so controlirt man eben durch Ablesen; soll man aber den Siedepunkt erst bestimmen, soll man ein Thermometer machen, so befeuchtet man den oberen herausragenden Theil der Röhre, und legt an ihn ein ganz kleines Stückchen Siegellack, das durch die Feuchtigkeit darauf festgehalten wird. Man verschiebt es so lange, bis es auf dem Siedepunkt steht. Dann nimmt man das Thermometer heraus, und geht damit ein paar Mal über einer Spiritusflamme hin und her, so dass das Siegellack festschmilzt. Dann steckt man das Thermometer von Neuem in die Röhre hinein, und corrigirt, während das Wasser im Kolben siedet, mit dem Messer so lange am Siegellack, bis es ganz genau den Stand des Quecksilbers anzeigt. Man hat dabei den Stand des Barometers zu berücksichtigen, indem 100^0 die Siedepunktstemperatur für den Normaldruck von 760 Millimeter ist.

Man liest, wenn man den Siedepunkt bestimmt hat, das Barometer ab und addirt für jeden Millimeter Quecksilberdruck über 760 bei Anwendung der Scala von Celsius $\frac{1}{27}$ eines Grades zu 100^0 hinzu, für jeden an 760 Millimeter fehlenden Millimeter Quecksilberdruck zieht man $\frac{1}{27}$ eines Grades von 100^0 ab, um die wahre Siedepunktstemperatur zu finden.

Es ist übrigens nöthig, ein Quecksilberthermometer, wenn man es auch im neuen Zustande controlirt hat, später, wenn man es brauchen will, wieder zu controliren, weil sich die Thermometer mit der Zeit ändern, und zwar so, dass sich ihre Anzeigen später als zu hoch erweisen. Gourdon bemerkte dies zuerst. Nachher hat namentlich Bellani darüber gearbeitet. Man nennt deshalb diesen Fehler auch den Bellanischen Fehler. Bei der Controle gilt die Regel, erst den Siedepunkt neu zu bestimmen, und erst nach einigen Tagen den Thaupunkt, weil die Bestimmung des Siedepunktes als solche eine vollständige oder theilweise wieder verschwindende Aenderung in der Lage des Thaupunktes herbeizuführen pflegt.

Temperatur der Thiere und des Menschen.

Wir gehen nun zu den numerischen Resultaten über, welche man über die Temperatur der inneren Theile bei verschiedenen Thieren und beim Menschen erhalten hat. Bei den Thieren existiren keine grösseren Versuchsreihen, mit Ausnahme vom Hund und Kaninchen, wo eben vielfältig für physiologische Zwecke und bei physiologischen Versuchen Temperaturen bestimmt worden sind. Es ist deshalb auch schwer zu sagen, welches von den Säugethieren das wärmste, und welches das kälteste ist. Die höchsten Temperaturen hat man bei Mus musculus gefunden, und bei Vespertilio pipistrellus, 41,1, dann auch bei Canis lagopus 40—41,1; die niedrigsten Temperaturen hat man gefunden bei Canis lupus 35,24, bei Simia sabæa und Delphinus phocæna 35,5. Es ist auffallend, dass bei zwei Repräsentanten des Hundegeschlechtes einmal die niedrigste Temperatur gefunden wurde, und das andere Mal nahezu die höchste. Es muss aber bemerkt werden, dass nach den Erfahrungen, die man an den Haushunden gemacht hat, bei ihnen die Wärmeregulirung eine verhältnissmässig unvollkommene ist, so dass bei den Haushunden viel grössere Schwankungen vorkommen, und viel leichter Schwankungen eintreten, als dies z. B. beim Menschen der Fall ist. Die Temperatur der Vögel liegt im Allgemeinen höher. Die höchsten Temperaturen sind bei Parus und Hirundo, 44,03 gefunden worden, demnächst beim Falken 43,18. Die niedrigsten Temperaturen sind bei Larus 37,8 und bei Tetrao albus 38,9 gefunden worden. Das Vermögen der Säugethiere und des Menschen, ihre Temperatur der des äusseren Mediums gegenüber constant zu erhalten, ist kein unbegrenztes. Wenn dem Körper viel Wärme entzogen wird, so erniedrigt sich auch die Temperatur der inneren Theile, und wenn dies einen gewissen Grad überschreitet und längere Zeit dauert, so geht das Thier zu Grunde. Es ist hiezu nicht etwa nöthig, dass die innere Temperatur auf 0° sinke.

Wesentlich anders verhält sich eine bestimmte Reihe von Säugethieren, die sogenannten Winterschläfer, als welche das Murmelthier, der Siebenschläfer, die Haselmaus u. s. w. bekannt sind. Diese zeigen sich insoferne empfindlicher gegen die äussere Temperatur, als die Temperatur ihrer inneren Theile leichter schwankt. Wenn sich die der atmosphärischen Luft erniedrigt, so fallen sie in einen eigenthümlichen Erstarrungszustand, bei welchem der ganze Stoffwechsel auf ein sehr geringes Mass herabgesetzt ist, und in dem sie längere Zeit ausharren können, ohne zu sterben, oder auch nur einen Nachtheil davonzutragen. Das ist eben der Zustand des Winterschlafes, in dem sie den grössten Theil des Winters in Erd- oder Baumlöchern versteckt zubringen, um im Frühling wieder zu neuem Leben zu erwachen. Sie verfallen meist in Schlaf wenn ihr Körper auf + 5° erkaltet ist. Wird ihr Körper durch stark Kälte bis unter 0° erkältet, so sterben die Thiere. Wenn man sie im Winter in einem warmen Zimmer hält, so fangen sie auch an zu schlafen, aber sie schlafen nicht so andauernd und fest, wie sie im Freien geschlafen haben würden. Wenn man winterschlafende Thiere im Winter aus der Kälte in die Wärme bringt, so erwachen sie regelmässig. Wenn die Thiere im Frühling aus dem Winterschlafe erwachen

so ist ihre Respiration eine sehr lebhafte, und ihr Nahrungsbedürfniss ein sehr grosses, und damit erheben sie in sehr kurzer Zeit ihre Temperatur wiederum auf das gewöhnliche Mass anderer Säugethiere, auf die Normaltemperatur, welche sie während des ganzen Sommers behalten.

Die Temperatur der kaltblütigen Thiere wechselt, wie gesagt, mit der des umgebenden Mediums. Bei den Amphibien, welche eine geringe Körpermasse und eine feuchte Hautoberfläche haben, erhebt sich die Temperatur, so lange sie nicht in grösserer Menge zusammengehäuft sind, um ein Geringes über die des umgebenden Mediums. Bei Fröschen betrug die Differenz für gewöhnlich nur 0,04^0 bis 0,05^0; nur während der Begattung stieg sie auf 0,25 bis 1^0. Bei den Reptilien aber, die eine grössere Körpermasse haben, und die ausserdem durch Schuppen, also durch eine trockene Bedeckung, besser gegen Wärmeabgabe geschützt sind, als dies bei den Amphibien der Fall ist, erhebt sich die Temperatur oft recht bedeutend über die des umgebenden Mediums. Die grösste Temperaturerhöhung, die an kaltblütigen Thieren beobachtet ist, wurde von Valenciennes an einem Phyton bivittatus gesehen, dessen Wärme sich 10 bis 12^0 über die atmosphärische erhob. Er lag zusammengerollt zwischen Decken und bebrütete seine Eier. Es ist begreiflich, dass hier, wo die Wärme eines verhältnissmässig grossen Thieres, wenn dieselbe auch langsam gebildet wurde, wie dies bei den kaltblütigen Wirbelthieren im Allgemeinen der Fall ist, durch die schlechten Wärmeleiter, die Decken, zusammengehalten wurde, sich die Temperatur so weit über die der Atmosphäre erheben konnte.

Auch bei Fischen ist eine Temperaturerhöhung beobachtet worden: bei einem Hai von 1,3^0, und bei Pelamys Sarda von 1,6^0. Die Beobachtungen an frisch gefangenen Fischen sind im hohen Grade unsicher, weil die Thiere sich kurz vorher in einer wärmeren Meeresströmung aufgehalten haben können; nur die Beobachtungen an solchen, die in Wasser von constanter und gleichmässig vertheilter Temperatur gehalten worden sind, verdienen Vertrauen.

Unter den wirbellosen Thieren befindet sich eine Abtheilung, welche durch die Lebhaftigkeit ihres Stoffwechsels ausgezeichnet ist. Es sind dies die Insecten. Die Insecten haben einen so lebhaften Stoffwechsel, dass, wenn man sie nach diesem beurtheilen sollte, man sie zu den warmblütigen Thieren rechnen müsste. Sie sind aber doch poikilotherm, wechselwarm, ihre Temperatur ändert sich mit der des umgebenden Mediums, weil eben die Thiere zu klein sind, um ihre Wärme zusammenhalten zu können. Die Wärmeproduction ist cæteris paribus proportional der Masse, die Wärmeabgabe ist proportional der Oberfläche. Je kleiner also ein Thier ist, in um so ungünstigeren Verhältnissen befindet es sich, um die Wärme, die es bildet, zusammenzuhalten. Wenn man deshalb das einzelne Insect beobachtet, so findet man nur geringe Temperaturerhöhungen über die des umgebenden Mediums, wohl aber kann man deren sehr bedeutende beobachten, wenn die Thiere zusammengehäuft sind, so dass die Wärme, die das eine abgibt, dem anderen wieder zu Gute kommt. Das ist in den Bienenstöcken der Fall. Der berühmte Bienenwirth Huber fand in den Bienenstöcken im Winter 30—32^0 Celsius, im Sommer 33—36^0, und zur Zeit des Schwärmens sogar 40^0, also eine

Temperatur, die selbst die gewöhnliche Temperatur des Menschen übersteigt.

Wenden wir uns jetzt zur Temperatur des Menschen im Besonderen. Die Temperaturmessungen an Säugethieren sind meist gemacht worden, indem man das Thermometer in den Mastdarm einsenkte, zum Theil auch, indem man es direct zwischen die Eingeweide, in die Höhlen des Körpers brachte, zwischen die Muskeln u. s. w. Beim Menschen ist man in Rücksicht der Temperatur der inneren Theile auf drei Arten von Messungen angewiesen: entweder man misst die Temperatur im Mastdarm, oder bei Weibern in der Scheide, oder endlich drittens man misst die Temperatur des ausfliessenden Urins, nachdem man vorher das Gefäss, in welches der Urin gelassen wird, auf näherungsweise 38^0 Celsius erwärmt hat, damit der Urin, wenn er in dasselbe hineinfliesst, nicht gleich eine grössere Menge von Wärme abgebe. Wenn man alle die Zahlen, die auf diese Weise gewonnen sind, zusammennimmt, und diejenigen von solchen Beobachtern ausscheidet, die überhaupt immer sehr hohe Zahlen angeben (woraus hervorgeht, dass sie ein fehlerhaftes Instrument hatten), kommt man zu dem Resultate, dass die Normaltemperatur der inneren Theile des Menschen zwischen 37,25^0 und 38^0 Celsius liegt. Die Differenz zwischen beiden Zahlen ist für die etwa drei Viertheile eines Grades betragende tägliche Schwankung gerechnet.

Da sich grössere Reihen von Messungen zu praktisch medicinischen Zwecken nur ausnahmsweise auf eine von diesen drei Arten gut anstellen lassen, so hat man statt dessen Mundhöhlentemperaturen und Achselhöhlentemperaturen abgenommen. Die Mundhöhlentemperaturen wurden so abgenommen, dass das Thermometer erst einige Zeit in der Mundhöhle gehalten wurde, bis es beim Ablesen von 5 zu 5 Minuten keine merkliche Steigerung mehr zeigte, dann veränderte man seinen Ort, indem man es noch unter die Zunge legte, und nun noch abwartete, ob ein weiteres Steigen eintrat, dann wiederum von 5 zu 5 Minuten ablas, bis die Zahl constant blieb. Es sind ganze Reihen von Beobachtungen von John Davy, von Hallmann und von Gierse, dann auch von Lichtenfels und Fröhlich angestellt worden. Beistehend sind die Mittelzahlen aus den Beobachtungen der drei ersteren, nach einer von Helmholtz gegebenen Tabelle zusammengestellt.

J. Davy.		Hallmann.		Gierse.	
7^h	. . . 36, 94	7—8^h	. . 36, 63	7—8^h	. . 36, 98
Frühstück		Vor d. Aufstehen		Frühstück	
9^h	. . . 36, 89	8—9^h	. . 36, 80	8—9^h	. . 37, 08
11^h	. . . 36, 89	Kaffee		9—11^h	. . 37, 23
2^h	. . . 37, 05	9—10$\frac{1}{2}^h$	. . 37, 36	11—2^h	. . 37, 13
4^h	. . . 37, 17	10$\frac{1}{2}$—2^h	. . 37, 21	Mittagessen	
5^h	. . . 37, 05	Mittagessen		2^h	. . 37, 50
Mittagessen		5$\frac{1}{2}$—7^h	. . 37, 21	3—6^h	. . 37, 43
6$\frac{1}{2}^h$	. . . 36, 83	Abendessen		6—10^h	. . 37, 29
7$\frac{1}{2}^h$	. . . 36, 50	7$\frac{1}{2}$—9^h	. . 37, 00	nach 11^h	. . 36, 81
Thee		9—12^h	. . 36, 70		
11^h	. . . 36, 72				
1^h	. . . 36, 44				

Lichtenfels und Fröhlich, die sehr ausgedehnte Versuchsreihen anstellten, fanden das Minimum am Morgen nach dem Erwachen, dann stieg die Temperatur nach der Einnahme des Morgenkaffees bis gegen 10 Uhr, sank ein wenig, stieg wieder, sank dann noch einmal vor dem Essen, um sich nach demselben zu erhöhen, und zwischen 4 und 5 Uhr das Maximum zu erreichen, von dem sie langsam herabsank. Durch den Abendkaffee wurde sie noch einmal vorübergehend gehoben, um dann während der Nacht auf das Minimum herunterzusinken. Wenn man alle die verschiedenen Beobachtungen ansieht, so kommt man zu dem Resultate, dass das Minimum der Temperatur in die Nachtzeit, gegen Morgen fällt, und das Maximum in die Nachmittagszeit. Dieses Maximum ist keineswegs immer abhängig von der Hauptmahlzeit. Bei Davy ging die Temperatur nach derselben herunter. Vintschgau hat an Hunden während der Verdauung sowohl im Magen als auch im Mastdarm eine Temperaturerniedrigung gefunden. Nach Lichtenfels und Fröhlich gibt die 3. Stunde nach der ersten Nahrungseinnahme fast genau das Mittel für 24 Stunden.

Es muss noch bemerkt werden, dass alle in der Tabelle aufgeführten Zahlen niedriger sind, als sie erhalten sein würden, wenn die Temperatur der inneren Theile abgenommen worden wäre, und man hat den Mundhöhlentemperaturen vorgeworfen, dass sie ziemlich grossen Schwankungen unterliegen je nach der Temperatur der Atmosphäre. Das war der Grund, warum man in neuerer Zeit vorgezogen hat, die Temperatur in der Achselhöhle abzunehmen, das heisst, das Thermometer in die Achselhöhle zu legen, und nun den Arm an den Körper anzuschliessen, so dass das Thermometer ringsum von den Körpertheilen umschlossen ist. Es muss aber bemerkt werden, dass auch diese Achselhöhlentemperaturen, wenn sie vielleicht auch constanter und verlässlicher sind als die Mundhöhlentemperaturen, doch keineswegs die Temperatur der inneren Theile geben. Es stellt sich bei einigen Beobachtungen die Differenz von 1 bis 4 Zehntheilen, bei anderen Beobachtungen die Differenz von 3—5 Zehntheilen heraus. Also auch die Achselhöhlentemperatur kann, wenn sie auch mit Sorgfalt abgenommen wird, $\frac{1}{2}$ Grad unter der Temperatur der inneren Theile liegen, und liegt thatsächlich immer mehr oder weniger unter der Temperatur der inneren Theile. Bei dieser Angabe sind nur die gewöhnlichen Fälle berücksichtigt worden. Bisweilen stellt sich der Unterschied noch höher, bis 0,8. Bei älteren Beobachtern finden sich sogar Differenzen von 1^0 und darüber, was aber wohl nur daran liegt, dass man das Thermometer nicht lange genug in der Achselhöhle gelassen hatte, oder dass sie nicht gut und dauernd geschlossen war.

Nach Wunderlich's reicher Erfahrung liegt die Temperatur der Achselhöhle bei Gesunden mit seltenen Ausnahmen zwischen $36{,}2^0$ und 38^0, für gewöhnlich nimmt er $36{,}25^0$ und $37{,}5^0$ als ihre Grenzen an.

Es fragt sich weiter, ob es auch eine jährliche Periode gibt, ob etwa der Mensch in der kalten Jahreszeit kälter, in der warmen Jahreszeit wärmer wird. Darüber haben wir eine Reihe von Beobachtungen von J. Davy, die sich wieder auf die Temperatur unter der Zunge beziehen. Er fand, dass, wenn man sich behaglich im geheizten Zimmer befindet, kein Unterschied zwischen Sommer und Winter ist. Ja, es wurden sogar in den kalten Monaten die höchsten Temperaturen gefunden. Anders verhält

sich aber die Sache, wenn man sich wirklich der Kälte ausgesetzt hat. J. Davy benutzte zu den Beobachtungen darüber die Sonntage, die Zeit, wenn er in der Kirche gewesen war und dort gefroren hatte. Wenn er dann nach Hause kam und seine Zungentemperatur mass, so fand er, dass diese merklich erniedrigt war. Die Resultate gibt beistehende Tabelle:

Tag	Temperatur unter der Zunge	Temperatur der Luft
24. November	36,1	5,6
12. Jänner	36,2	4,4
9. Februar	35,9	0,6
16. März	34,9	0,0

Es ist ganz erklärlich, dass die Temperatur vom Jänner zum Februar, zum März noch hinuntergeht, nicht nur, weil die Lufttemperatur an den Beobachtungstagen niedriger war, sondern auch, weil in grossen geschlossenen Räumen, wie in Kirchen, bekanntlich die niedrigsten Temperaturen nicht eintreten, wenn draussen die niedrigsten Temperaturen zu sein pflegen, sondern später, wenn die äussere niedere Temperatur längere Zeit eingewirkt hat.

Unter den verschiedenen Lebensaltern bietet die erste Zeit nach der Geburt die grössten Schwankungen dar. Wenn das Kind geboren wird, und man die Mastdarmtemperatur untersucht, so wird sie nach übereinstimmenden Beobachtungen um ein Geringes höher gefunden, als die gleichzeitige Temperatur in der Scheide der Mutter, nach Schäfer etwa um 0,3^0. Dann sinkt aber die Temperatur des Kindes etwa auf 35,5^0 mehr oder weniger, je nach der Behandlung desselben, je nachdem man es mehr oder weniger vor Wärmeabgabe schützt. Das rührt daher, dass der Respirationsprocess noch nicht so im Gange ist, um die hinreichende Menge von Wärme zu bilden. Deshalb müssen auch neugeborene Kinder in der ersten Zeit mehr als später gegen Wärmeabgabe geschützt werden, und daher rührt es, dass man sie nicht nur mit schlechten Wärmeleitern umgibt, sondern dass man sie auch noch zu der Mutter ins Bett legt, damit dem Kinde die Wärme der Mutter zugeführt werde. In einigen Tagen steigt die Temperatur und erreicht das normale Mass, welches sich während des ganzen Lebens erhält, auch während des hohen Alters. Davy fand bei hochbetagten Greisen noch ganz unveränderte Zungentemperaturen. Aber die alten Leute können ihre Temperatur nicht mehr so leicht constant halten wie jüngere Individuen, sie müssen sich wärmer kleiden, sich mehr gegen Wärmeabgabe schützen. Das hängt erstens damit zusammen, dass sie sich nicht mehr mit der früheren Lebhaftigkeit bewegen, zweitens damit, dass sie in der Regel im hohen Alter abmagern, die Fettschicht verlieren, welche sie früher geschützt hat, und endlich drittens damit, dass sich in späteren Jahren ihr Stoffwechsel verlangsamt, dass sie also thatsächlich nicht so viel Wärme bilden, als dies in früheren Jahren der Fall war.

Mittel zur Wärmeregulirung.

Wir sind hiemit auf die Frage geführt, welche Mittel denn der Mensch überhaupt hat, um seine Temperatur constant zu erhalten. Wir

können diese Mittel im Allgemeinen eintheilen in Mittel, welche uns gegen eine Erniedrigung unserer Temperatur schützen, und in Mittel, welche uns gegen eine Erhöhung unserer Temperatur schützen. Die Mittel, welche uns gegen eine Erniedrigung unserer Temperatur schützen, sind wiederum zweierlei. Erstens Mittel, vermöge welcher wir die Wärme, die einmal gebildet ist, zusammenhalten, und zweitens Mittel, durch welche wir unsere Wärmeproduction steigern. Die ersteren sind allgemein bekannt. Es ist bekannt, dass wir im Winter die Räume, in denen wir uns dauernd aufhalten wollen, erwärmen, damit uns weniger Wärme entzogen wird, und dass wir uns, zweitens, mit schlechten Wärmeleitern umgeben, uns wärmer kleiden, um eben wieder weniger Wärme zu verlieren. Es muss aber hiebei bemerkt werden, dass nicht alle Menschen von Hause aus gleich gut und gleich schlecht gegen die Wärmeabgabe geschützt sind. Sehr fettleibige Menschen leiden gewöhnlich mehr von der Hitze, als von der Kälte, weil die Fettschicht, welche sich unter ihrer Haut befindet, die Wärme schlecht leitet, und sie gegen Wärmeabgabe schützt. Schmächtige, magere Menschen aber, die eine verhältnissmässig grosse Oberfläche im Vergleiche zur Masse ihres Körpers haben, leiden mehr von der Kälte, weil die Wärmeabgabe proportional der Oberfläche des Körpers erfolgt, und das Wärmeproductionsvermögen, wenn auch nicht proportional, so doch im Allgemeinen mit der Körpermasse wächst. Damit hängt es auch zusammen, dass kleine Individuen und Kinder einen lebhafteren Stoffwechsel haben müssen als grosse und als ausgewachsene Individuen, wenn man die Geschwindigkeit des Stoffwechsels misst nach der Menge der in 24 Stunden producirten lebendigen Kraft dividirt durch das Körpergewicht. Die Kinder müssen nicht allein relativ mehr Nahrung zu sich nehmen als Erwachsene, weil sie noch wachsen sollen, weil sie noch Substanz anlegen sollen; sondern sie müssen auch deswegen relativ mehr Nahrung zu sich nehmen, weil sie relativ mehr Wärme verlieren, indem ihre Masse, dividirt durch ihre Oberfläche, einen ungünstigeren Quotienten gibt. Es ist ganz dasselbe auch bei den Thieren der Fall. Die kleinen Thiere haben immer einen lebhafteren Stoffwechsel als die grossen, weil sie relativ mehr Wärme verlieren. Es hängt damit zusammen, dass man kleine Thiere nicht mit demselben Vortheil züchten kann, wie grosse Thiere. Denn die Wärme, welche ein Thier abgibt, muss der Züchter bezahlen, sie durch Fütterung decken. Es geht also bei den kleinen Thieren viel mehr Futter während des Aufzüchtens für den Züchter unbenützt verloren, als dies bei grösseren Thieren der Fall ist.

Die Mittel, unsere Wärmeproduction zu steigern, bestehen darin, dass wir grössere Mengen von Nahrungsmitteln zu uns nehmen, wozu uns bekanntermassen die äussere niedrige Temperatur schon anregt. Aber auch in der Wahl der Nahrungsmittel unterscheiden sich die Bewohner des hohen Nordens von den Südländern. Der Bewohner des hohen Nordens, der Körper mit hoher Verbrennungswärme braucht, nimmt Mengen von Fett zu sich, die ein Südländer verschmähen würde. Die Bewohner des östlichen Sibiriens trinken bekanntlich die Butter pfundweise, nachdem sie dieselbe am Feuer zerlassen haben.

Wir wenden aber auch andere Mittel an, um unsere Wärmeproduction zu steigern, und dahin gehört namentlich die körperliche

Bewegung. Durch die Muskelcontraction als solche wird, wie wir später sehen werden, Wärme erzeugt, und wie es scheint auf zweierlei Art, erstens primär durch den chemischen Process selbst, welcher die Muskelcontraction hervorbringt, gewissermassen als Nebenproduct bei der Erzeugung der Arbeit, und zweitens durch die bewegenden Kräfte, welche durch innere Widerstände verbraucht und in Wärme umgewandelt werden. Wenn ich meine Muskeln contrahire, so kann ich damit erstens äussere Arbeit leisten, ich kann damit ein Gewicht auf eine gewisse Höhe hinaufheben. Die lebendige Kraft, die ich dabei verbrauche, kann mir nicht zu Gute kommen, denn sie wird in Spannkraft umgewandelt, die in dem anderen Körper, den ich gehoben habe, angehäuft ist. Wenn ich einen Bogen spanne, so leiste ich damit auch äussere Arbeit, die mir nicht zu Gute kommt; denn ich habe durch sie Spannkraft erzeugt, die im Bogen angehäuft ist. Wenn ich aber meine Muskeln contrahire, ohne äussere Arbeit zu leisten, und die erzeugten bewegenden Kräfte durch innere, in meinem eigenen Körper liegende Widerstände verbrauche, so wird dabei nicht Spannkraft, sondern Wärme erzeugt. Ein solcher Verbrauch von bewegender Kraft durch innere Widerstände findet nun bei allen Handtirungen in grösserem oder geringerem Massstabe statt. Wir sind nie im Stande, die erzeugte bewegende Kraft vollständig an den fremden Körper zu übertragen, den wir durch unsere Arbeit bewegen sollen.

Die Muskelbewegung steigert auch indirect den Stoffwechsel, indem sie Substanzen verbraucht, indem sie die Circulation und Respiration anregt, und schliesslich durch den Substanzverbrauch neues Nahrungsbedürfniss erzeugt. Damit hängt es zusammen, dass Leute, welche viel körperlich arbeiten, ein grosses Nahrungsbedürfniss haben, dass sie aber auch dem Wechsel der äusseren Temperatur weniger unterworfen sind, dass sie in leichterer Kleidung eine niedrigere Temperatur ertragen, als Derjenige, welcher eine ruhige, sitzende Lebensweise führt.

Wenn wir nach den Hilfsmitteln fragen, vermöge welcher wir uns vor einer Erhöhung unserer Temperatur schützen, so sind es natürlich zunächst Verminderung des Stoffwechsels, also Verminderung der Nahrungseinnahme, und körperliche Ruhe. Damit hängt die Mässigkeit des Südländers zusammen, aber auch andererseits die Trägheit, von welcher man in grosser Sommerhitze und in heissen Klimaten leicht befallen wird. Ein sehr wesentliches Mittel, unsere Wärme zu reguliren, ist der Schweiss, indem, sobald die Schweissdrüsen kräftig zu secerniren beginnen, die Menge des Wassers, welche von der Haut verdunstet, in hohem Grade vermehrt wird. Nun ist es Ihnen aber bekannt, dass die Verdunstung des Wassers darin besteht, dass die einzelnen Theilchen des Wassers nach allen Richtungen hin fortgeschleudert werden. Die bewegende Kraft, welche den Wassertheilchen mitgetheilt wird, rührt eben von der Wärme her, welche früher im Wasser vorhanden war. Diese Wärme wird also verbraucht durch Verdampfung, durch Verdunstung: es wird also, wie man sich ausdrückt, Wärme latent, oder richtiger gesagt, es wird dadurch Wärme verbraucht, weggeschafft. Damit hängen auch die Waschungen, die systematischen Befeuchtungen der Oberfläche des Körpers zusammen, vermöge welcher man demselben Wärme zu entziehen sucht. Es ist bekannt, dass man in Krankheiten, wo man

Wärme entziehen will, nicht immer Bäder anwendet, sondern auch Waschungen, gewöhnlich mit Essig und Wasser, um durch die Verdunstung von der Körperoberfläche dem Körper Wärme zu entziehen und eine Temperaturerniedrigung hervorzubringen.

Das einfachste Mittel, um die Temperatur herabzusetzen, um dem Körper Wärme zu entziehen, scheint das kalte Bad zu sein, und wir bedienen uns desselben in der That, um uns in der grossen Sommerhitze zu erfrischen. Ueber die unmittelbare Wirkungsweise des kalten Bades existirt aber noch mancherlei Streit. Es sind die Temperaturen im Bade und unmittelbar nach dem Bade gemessen worden, und man hat meist die Temperaturerniedrigung nicht so gross gefunden, wie man sie erwartet hatte; ja Einzelne geben an, dass bei Gesunden nach einem kalten Bade gar keine Erniedrigung der Achselhöhlentemperatur eintrete, während andere hinwieder eine solche bis auf 34^0, ja bis auf 29^0 beobachtet haben wollen. Es scheint das damit zusammenzuhängen, dass durch das kalte Bad als solches die Wärmeproduction erhöht wird, so dass allerdings mehr Wärme abgeleitet wird, andererseits aber auch mehr Wärme gebildet wird. Es scheint hierbei nicht gleichgiltig zu sein, auf welche Weise man durch das Bad Wärme zu entziehen sucht. Am wenigsten kommt man zum Ziele, wenn man den Menschen von vornherein in Wasser von so niedriger Temperatur bringt, dass man ihn nur kurze Zeit darin belassen kann. Viel besser gelingt es Wärme zu entziehen, wenn man ihn zuerst in ein warmes Bad bringt, und dieses langsam und allmälig abkühlt. Ziemssen schlägt deshalb vor, dass man, wenn in Krankheiten, z. B. im Typhus, Wärme entzogen werden soll, den Kranken in ein Bad von 35^0 C. bringe, und dass man dann, durch einen untergetauchten Schlauch, unter leichtem Frottiren kaltes Wasser zufliessen lasse, bis die Temperatur auf 20^0 erniedrigt ist. Man soll nun, unter leichtem Frottiren, den Kranken so lange im Bade sitzen lassen, bis trotz des Frottirens Frösteln eintritt, was gewöhnlich nach 20 bis 30 Minuten geschieht. Indessen kann man doch nach den Erfahrungen Anderer, namentlich denen v. Bamberger's, gerade im Typhus das Bad in den meisten Fällen mit gutem Erfolge bei einer bedeutend niedrigeren Temperatur beginnen.

So vollkommen unsere Wärmeregulirung im gesunden Zustande ist, so verlieren wir dieselbe bis zu einem gewissen Grade in einer grossen Anzahl von Krankheiten, und es treten dann oft nicht unbeträchtliche Temperatursteigerungen ein. Angeblich ist im Jahre 1875 in England bei einer Dame eine Temperatursteigerung bis auf mehr als 51^0 C. beobachtet worden. Wir werden später Thatsachen kennen lernen, welche die Richtigkeit dieser Angabe als sehr unwahrscheinlich erscheinen lassen. Die höchste Temperatur, welche von Wunderlich bei seinen zahlreichen Messungen beobachtet wurde, trat in einem Falle von Tetanus auf, und zwar eine Temperatursteigerung auf 44$\frac{3}{4}$^{0} C. Quincke beobachtete im Gelenkrheumatismus 43,5 in der Achselhöhle, und gleichzeitig 44,3 in der Scheide. In zwei Fällen von Quetschung des Halsmarkes fand er zur Zeit des Todes im Mastdarm 43,5 und 43,6. In einem Falle von Ileotyphus beobachtete er 5 Minuten nach dem Tode im Mastdarm 43,4^0. In allen fieberhaften Krankheiten steigt die Temperatur, und zwar nicht nur im sogenannten Hitzestadium, sondern auch

im Froststadium. Wenn auch der Intermittenskranke vor Kälte mit den Zähnen klappernd daliegt, ist die Temperatur seiner inneren Theile erhöht, so dass ein greller Widerspruch besteht zwischen der subjectiven Empfindung des Kranken, und dem Resultate, welches die Messung mittels des Thermometers gibt. Dieser grelle Widerspruch erklärt sich daraus, dass unser Wärmegefühl nicht aus der Temperatur unserer inneren Theile stammt, sondern aus dem jeweiligen Zustande unserer Hautnerven, der wiederum von dem Zustande der Hautcirculation abhängig ist. Wir empfinden warm, wenn das Blut reichlich und lebhaft durch die Haut circulirt, und wir empfinden kalt, wenn das Blut in die inneren Theile zurückgetreten ist. Wenn man in ein Bad von 10 oder 11° springt, sich nur kurze Zeit darin aufhält, und dann wieder hinausgeht, so empfindet man nicht das Gefühl von Kälte, man hat im Gegentheil ein Gefühl von Wärme, welches sich über die ganze Haut verbreitet, wenn auch die umgebende Luft nicht warm ist. Sieht man dann die Haut an, so wird man finden, dass sie geröthet ist, dass das Blut reichlich durch dieselbe circulirt, und das ist es, was uns im Widerspruch mit der äusseren Temperatur das Gefühl der Wärme hervorruft. Der Intermittenskranke dagegen, welcher im warmen Zimmer im Bette liegt, friert erbärmlich trotz der ihn umgebenden hohen Temperatur, indem eben das Blut, wie dies auch das Aussehen seiner Haut zeigt, aus derselben zurückgetreten ist, und sich in den inneren Theilen, in der Leber und in der Milz angehäuft hat. Daraus erklärt sich auch theilweise, und abgesehen von der vermehrten Wärmeproduction, die das Fieber und der in demselben vermehrte Stoffverbrauch an sich verursacht, wieder die Temperatursteigerung im Froststadium des Fiebers, da die Wärmeregulirung wesentlich damit zusammenhängt, dass das Blut an die Oberfläche des Körpers geht, in die unter der Oberfläche gelegenen Capillaren der Haut eindringt, und hier Wärme abgibt. Wenn also weniger Blut zur Haut geht, so muss auch relativ weniger Wärme abgegeben werden, und deshalb kann die Temperatur der inneren Theile sich erhöhen. Die Temperatur bleibt erhöht im sogenannten Hitzestadium der Intermittens und sinkt erst zur Norm am Ende desselben, wenn Schweiss eintritt, das Blut nicht nur frei durch die Haut circulirt, sondern nun auch durch die Verdunstung des Schweisses dem Körper rasch Wärme entzogen wird. Nach dem Tode tritt in vielen Fällen noch eine Steigerung der Temperatur ein. Sie ist schon nach sehr verschiedenen Krankheiten beobachtet worden, und nach Heidenhain soll sie bei Hunden eine normale, eine physiologische Erscheinung sein. Man hat sich dieselbe so zu erklären, dass mit dem Tode des Individuums nicht auch sogleich die Wärme erzeugenden chemischen Processe aufhören, und dass mit dem Aufhören des Herzschlages und der Athembewegungen weniger Wärme nach aussen abgegeben wird als früher.

Erniedrigung der Temperatur tritt nach heftigen Reizungen sensibler Nerven ein, sie tritt ein nach heftiger Wirkung von Abführmitteln, unmittelbar nach der Wirkung von Brechmitteln u. s. w. Sie tritt im Allgemeinen ein nach Erscheinungen, welche geeignet sind, sogenannten Collapsus hervorzurufen, und im Collapsus selbst.

Sehr niedrige Temperaturen sind im letzten Stadium der Meningitis tuberculosa beobachtet, in einem Falle unmittelbar vor dem Tode 28,6° C.

Lichtentwickelung.

Wir haben uns nun noch mit einer besonderen Art von Wärmeentwickelung zu beschäftigen, mit der Lichtentwickelung durch lebende Körper. Es ist uns auf den ersten Anblick auffallend, von einem lebenden Organismus Licht ausgehen zu sehen, weil wir ja gewohnt sind, das Licht von glühenden, von brennenden Körpern ausgehen zu sehen, und doch der lebende Organismus keine so hohe Temperatur ertragen kann, wie wir sie an unseren gewöhnlichen Lichtquellen vorfinden. Man muss sich aber klar machen, dass Licht und hohe Temperatur nicht untrennbar mit einander verbunden sind, indem es zwar nicht gewöhnlich, aber doch an sich nicht unmöglich ist, dass eine Wärmequelle, in der die Temperatur nicht sehr hoch ist, doch schon Strahlen von so kurzer Schwingungsdauer aussendet, dass sie die optischen Medien unseres Auges wenig geschwächt durchwandern und unsere Netzhaut zur Empfindung des Leuchtenden erregen. Das geschieht bei den leuchtenden Thieren.

An lebenden Menschen und lebenden Wirbelthieren ist, wenn man von dem wohlconstatirten Leuchten einzelner Wunden absieht, im Ganzen nicht viel von Lichterscheinungen beobachtet. Es existiren einige ältere Angaben, dass der Schweiss einzelner Menschen leuchtend gewesen sei, und in neuerer Zeit hat Panceri wieder einen solchen Fall veröffentlicht, den er zwar nicht selbst gesehen, der ihm aber aus verlässlicher Quelle mitgetheilt wurde. Auch der Urin von Menschen soll in einzelnen Fällen im Augenblicke, wo er gelassen worden ist, leuchtend gewesen sein. Die Eier von Lacerta agilis und auch von einzelnen Schlangen sollen im Augenblicke, wo sie gelegt werden, leuchten u. s. w. An einzelnen Fischen, namentlich an einer Scymnus-Art, sind leuchtende Regionen, an anderen nur leuchtende Flecke beobachtet worden, es ist aber noch ungewiss, ob hier das Licht von den Fischen selbst herrührt, oder von Organismen, welche parasitisch auf ihnen leben. Ausserordentlich verbreitet aber ist das Leuchten unter den wirbellosen Thieren.

Am bekanntesten ist in hiesiger Gegend das Leuchten von unserem gewöhnlichen Glühwürmchen oder Johanniswürmchen, Lampyris splendidula. Dies Insect hat auf den drei letzten Ringen seines Hinterleibes eigenthümliche Organe, die sich schon durch die Chitindecke hindurch von dem übrigen Fettkörper auszeichnen, und diese Organe sind es, von denen das Licht ausgeht. Wenn man dieselben untersucht, so findet man sie bestehend aus zwei Lagen, aus einer Lage, die undurchsichtig ist, und sich bei näherer Untersuchung ganz durchsetzt zeigt mit Harnsäure und harnsauren Salzen, die in feinen Körnern abgelagert sind; das ist die tiefere Partie: dagegen ist die oberflächliche Partie, die unmittelbar unter der Chitindecke liegt, durchscheinend, und zahlreiche Tracheen gehen in dieselbe hinein. Wenn man nun diese untersucht, so findet man sie aus zwei Arten Zellen zusammengesetzt, wovon die einen unmittelbar mit den Tracheen verbunden sind. Max Schultze, von dem diese Untersuchungen herrühren, hat gefunden, dass diese Zellen eine leicht oxydirbare Substanz enthalten, indem sie sich in Ueberosmiumsäure ausserordentlich schnell, und schneller als die übrigen färben. Die Färbung durch Ueberosmiumsäure beruht auf einem Reductionsprocesse; je leichter also die Substanzen

oxydirbar sind, in um so kürzerer Zeit reduciren sie die Ueberosmiumsäure, und färben sich schwarz, indem sich Osmium in ihnen niederschlägt. Er hat ferner auch gefunden, dass, wenn er das Aufleuchten des Organs bei schwachen Vergrösserungen beobachtete, zuerst das Licht in zahlreichen Pünktchen in dem Organe zerstreut war, und erst hinterher zusammenfloss, so dass nun das ganze Organ leuchtend erschien. Er erklärt dies mit Recht so, dass, so lange das Licht schwach war, die einzelnen kleinen leuchtenden Punkte noch einzelne Netzhautbilder entwarfen, dass letztere dagegen, als das Licht stärker wurde, zusammenflossen. Hienach würden es diese auf den Enden der Tracheen aufsitzenden Zellen sein, von welchen das Licht in den Leuchtorganen ausgeht. Es zeigt sich nun, dass das Leuchten oder Nichtleuchten des Organs von der Willkür des Thieres abhängt. Wenn die Substanz aus dem Leuchtorgane herausgenommen, und auf dem Objectträger ausgebreitet wird, dann leuchtet sie freilich eine Zeit lang ohne äusseres Zuthun. So lange sie aber in dem Leuchtorgane, im lebenden Thiere liegt, leuchtet sie nicht gegen oder ohne den Willen des Thieres. Wenn sich das Thier im Hellen befindet, so löscht es sein eigenes Licht aus, und wenn es sich im Dunkeln befindet, so zündet es sein eigenes Licht wieder an. Wenn man ein Leuchtwürmchen am Tage untersucht, indem man es plötzlich in einen dunklen Raum hineinbringt, so findet man, dass es nicht leuchtet. Wenn man es einige Zeit in einem dunklen Raume gelassen hat, so fängt es allmälig stärker und stärker zu leuchten an. Es wird endlich so stark leuchtend, dass, wenn man es in ein Reagirglas hineingibt und mit diesem über die Zeilen eines Buches hinüberfährt, man dabei die Buchstaben erkennen kann. Wenn man des Abends oder des Nachts ein solches starkleuchtendes Thier in ein Zimmer bringt, das durch eine Kerze beleuchtet ist, so ist das Licht der Leuchtorgane so stark, dass man dieselben selbst neben der Kerze noch als grüne glänzende Flecke wahrnimmt. Dann aber werden sie nach und nach unscheinbar, und wenn das Thier sich noch länger in heller Beleuchtung aufhält, verschwindet das Licht so vollständig, dass es nun auch plötzlich ins Dunkle gebracht kein Leuchten zeigt. Es geht schon hieraus hervor, dass das Nervensystem einen wesentlichen Einfluss auf das Leuchtorgan und auf das Leuchtvermögen hat, und das haben auch die Untersuchungen von Kölliker bestätigt. Man kann sich aber diesen Einfluss in zweierlei Art denken. Man kann sich erstens als möglich denken, dass die Nerven einen directen Einfluss auf die Substanz selbst haben, dass sie in ihr eine Veränderung hervorbringen, in der sie leuchtet. Andererseits kann man sich aber auch vorstellen, dass den Zellen vom Nervensysteme aus der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes bald verschlossen, bald geöffnet werde, und dass hiemit das Leuchten oder Nichtleuchten zusammenhänge. Denn das Leuchten beruht doch offenbar auf einem Oxydationsprocesse, auf einem Verbrennungsprocesse. Alle diese Zellen hängen an Tracheen: Sie können sich also denken, dass das eine Mal die Luft in die Tracheen frei eindränge oder hineingezogen würde, und das andere Mal der Zutritt zu diesen Tracheen verschlossen würde. Für eine directe Einwirkung spricht die Analogie anderer Thiere, gewisser Seethiere, bei denen sie offenbar statthat. Für eine indirecte durch den Luftzutritt spricht, dass die herausgenommene Masse noch eine Zeit lang an der atmosphärischen Luft fortleuchtet, wenn sie auch

ausser Zusammenhang mit dem Thiere und mit dem Nervensysteme steht, ja wenn sie mechanisch misshandelt und zerquetscht ist; ferner der Umstand, dass das Leuchten nicht ganz plötzlich beginnt und nicht ganz plötzlich wieder aufhört, sondern dass das Thier eine gewisse Zeit braucht, um allmälig sein Licht auf die Höhe zu bringen, und eine gewisse Zeit braucht, um sein Licht wieder auszulöschen; doch soll nach den Versuchen von Kölliker durch das Hindurchleiten von Inductionsströmen momentanes Leuchten hervorgebracht werden, während Jousset de Bellesme angibt, dass zwischen elektrischer Reizung und Lichtentwickelung 6 bis 8 Secunden verstreichen.

Eine andere Species von Leuchtwürmchen ist Lampyris italica, welche in ähnlicher Weise leuchtet, wie unser Johanniswürmchen, aber das Eigenthümliche hat, dass beim Männchen das Licht sich in regelmässiger Periode abschwächt und verstärkt, blitzartig aufleuchtet. Ein noch viel stärkeres Licht geben die sogenannten Cucujos (Elater noctilucus, in Mexico einheimisch), über welche in neuerer Zeit mehrfache Beobachtungen angestellt worden sind. Sie sind grössere Thiere von fast drei Centimeter Länge, und bei ihnen findet sich im Prothorax jederseits nahe dem Rande ein Leuchtorgan und ausserdem ein drittes unpaares nach C. Heinemann am Abdomen.

Ausserdem kommt fast in allen Abtheilungen der wirbellosen Thiere, bei den Crustaceen, Mollusken, Medusen, Infusorien u. s. w. das Leuchten vor. Das Meerleuchten der Tropen rührt grossentheils von der Feuerwalze, Pyrosoma atlanticum, her, während das Leuchten in der Nordsee durch ein kleines Thierchen, Noctiluca miliaris oder Mammaria scintillans, wie es Ehrenberg benannte, hervorgerufen wird. Auch dieses leuchtet nicht continuirlich. Wenn man ein Gefäss mit Wasser, in dem diese Thiere in Menge vorhanden sind, in ein Zimmer bringt und es ruhig stehen lässt, so hört das Leuchten ganz auf, wenn man aber an das Glas schlägt, das Wasser erschüttert, dann blitzt es darin plötzlich hell auf. Darauf beruht es auch, dass zur Zeit des Meerleuchtens die See nicht gleichmässig leuchtet, dass die Wellenkämme und die Brandungen leuchten, oder dass bei stillem Wetter, wenn man mit einer Gerte in das Wasser schlägt, dasselbe aufleuchtet und auch beim Rudern unter dem Schlage aufleuchtet, und leuchtend von den Rudern herunterfliesst.

Interessante Beobachtungen hat Panceri in Neapel über das Leuchten von Phyllirhoe bucephala gemacht. Bei diesem Thiere leuchten wenn es gereizt wird, wozu Panceri Ammoniak verwendete, das er auf die Tentakeln brachte, eine Menge von grösseren und kleineren hellen Punkten am ganzen Körper auf. Die grösseren dieser Punkte entsprechen einer Art von Zellen, welche zuerst Müller beobachtete, und die deshalb den Namen der Müller'schen Zellen führen. Die kleineren dieser Punkte entsprechen Zellen, welche man als Ganglienzellen betrachtet. Sie haben mit den Ganglienzellen eine gewisse äussere Aehnlichkeit, und ausserdem das mit ihnen gemein, dass sie an den Nervenfasern hängen, was übrigens auch mit den Müller'schen Zellen der Fall ist.

Leuchten todter Thierkörper.

Thiere, welche während ihres Lebens nicht leuchten, können nach dem Tode leuchtend werden. Es ist bekannt, dass man in Seestädten

nicht selten den Wegwurf von Fischen leuchten sieht. Man hat auch beobachtet, dass Fische und, nach den Angaben von Hulme, auch junge Kaulquappen leuchtend werden, wenn man sie in Salzwasser oder in Glaubersalzlösung aufbewahrt. Aber auch Fleisch von anderen Thieren hat man leuchtend werden gesehen. Es existiren schon ältere Beobachtungen darüber, von Fabricius ab Aquapedente aus dem Jahre 1592, wo in Rom der roh aufbewahrte Rest eines geschlachteten Lammes leuchtend wurde, von Boyle und von Anderen. 1780 wurde einmal einem Fleischer in Orleans alles vorräthige Fleisch leuchtend. Nach Astley Cooper und Appleton wurde eine übrig gebliebene Extremität von einer 16 Tage früher auf die Anatomie gelangten Leiche leuchtend. Eine andere in denselben Saal gebrachte Leiche ward nach einigen Tagen auch leuchtend. Knochen, Sehnen, Membranen und Muskeln leuchteten, aber die Eingeweide des Thorax nicht. Man fand auch, dass man das Leuchten von einer Leiche auf die andere übertragen könne. Wenn man von der leuchtenden Leiche eine Extremität auf eine andere Leiche legte, so wurde auch diese nach einiger Zeit leuchtend. Auch hier in Wien ist das Leuchten von Fleisch beobachtet worden. Es wurden, es mag etwa im Jahre 1850 oder 1851 gewesen sein, einmal bei einem Selcher die Würste leuchtend. Sie wurden von der Polizei confiscirt, und an Verschiedene, die sich dafür interessiren konnten, vertheilt, und auch ich habe einige davon bekommen. Es fand sich auf der Oberfläche eine graue Masse, in der sich Vibrionen, Fetttropfen und Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia befanden. Es war also offenbar der Zersetzungsprocess schon weit vorgeschritten. Ich hatte aber bald Gelegenheit, mich von der Richtigkeit älterer Angaben zu überzeugen, dass Fleisch, das noch relativ frisch ist, und sonst noch keine Fäulnisserscheinungen zeigt, auch leuchten kann. Unser Laborant Bruckner erzählte nämlich in einem benachbarten Gasthause von diesen leuchtenden Würsten, und da erfuhr er, dass die Erscheinung ihm nichts Ungewöhnliches sei, dass sie allen denjenigen wohl bekannt, welche häufig mit Fleisch in dunklen Räumen zu manipuliren haben, dass nur eben nicht viel davon gesprochen wird, um Unannehmlichkeiten zu vermeiden. Er brachte mir auch in der That aus dem Gasthause eine Milz und ein Stück Muskelfleisch, die beide anscheinend vollkommen frisch waren, aber nichtsdestoweniger im Dunklen mit weissem Licht leuchteten. Es fanden sich auf diesen Stücken keine mit den mir damals zu Gebote stehenden Mikroskopen als solche erkennbare Vibrionen, und keine Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, sondern es liess sich von der Oberfläche nur eine Materie abstreichen, die einige feine Körnchen mit Molekularbewegung und einige Fetttröpfchen enthielt. J. Nüesh, der in neuerer Zeit, im Jahre 1877, Beobachtungen über leuchtendes Fleisch angestellt hat, leitet das Leuchten von leuchtenden Bacterien ab, O. Lassar von einer Zoogloea, welche er Zoogloea phosphorescens nennt. Er empfiehlt Anilinbraun und Anilinviolett zur Färbung bei der Untersuchung derselben. Es muss an diesem Orte erwähnt werden, dass diese leuchtenden Bacterien als auf Wunden, falls auch bei diesen das Leuchten von ihnen herrührt, unschädlich betrachtet werden müssen, denn Perci und Laurent sahen leuchtende Wunden rasch und gut heilen. Wunden mit Hospitalbrand sahen sie nur in seltenen Ausnahmsfällen

leuchten. Wenn übrigens die Angabe richtig ist, dass bei einem mit einer leuchtenden Wunde Sterbenden das Leuchten aufhörte, als der Collaps eintrat, so ist es einigermassen schwierig, das Leuchten der Wunden von Bacterien abzuleiten, es müsste denn sein, dass das Aufhören des Leuchtens directe Folge einer eingetretenen Temperaturerniedrigung war.

Es ist bekannt, dass nach dem gewöhnlichen Ausdrucke „faulendes“ Holz häufig leuchtet: aber auch da ist das Leuchten nicht Folge des Verwesungs-, des Zersetzungsprocesses als solchen, wie man wohl geglaubt hat, denn ich habe mich früher oft in Wäldern, in denen sich viel faules Holz vorfand, nach leuchtendem Holze umgesehen, ohne es zu finden. Dann habe ich es auf einem Platze, wo Holz verarbeitet wurde, in grosser Menge gefunden an Holzspänen, die verhältnissmässig frisch und nur häufig dem Regen ausgesetzt waren.

Electricität.

Die electrischen Erscheinungen werden wir hier nur theilweise betrachten, wir werden hier nur die Erscheinungen der sogenannten statischen Electricität besprechen; zur Lehre von den electrischen Strömen, welche man von den Muskeln und Nerven ableiten kann, können wir erst übergehen, wenn wir uns mit den Muskeln und Nerven, und ihren Eigenschaften bekannt gemacht haben.

Es war begreiflich, dass, nachdem man die electrischen Erscheinungen überhaupt zu studiren anfing, die electrischen Ladungen des menschlichen Körpers und die Erscheinungen, welche man in Folge solcher Ladungen von ihm erhalten konnte, für Laien und Aerzte von grossem Interesse sein mussten, und man hat deshalb auch frühzeitig Versuche über dieselben angestellt. Was ich Ihnen in dem Folgenden über dieselben mittheile, ist dem grossen Werke über thierische Electricität von E. du Bois-Reymond entnommen. Die wichtigste Arbeit über diesen Gegenstand ist nach diesem die, welche von Ahrens im Jahre 1817 unter Pfaff's Leitung, also gewiss mit den besten Hilfsmitteln und allen Vorsichtsmassregeln angestellt wurde. Es heisst a. a. O.: „Die Versuche wurden gewöhnlich so angestellt, dass die Person, deren Electricität untersucht werden sollte, sich auf ein Isolatorium begab, und mit der Hand (bisweilen auch mit einem anderen Theile des Körpers) die Collectorplatte eines sehr guten, und auf ein Goldblattelectrometer aufgeschraubten Condensators berührte, während die obere Platte des Condensators mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt wurde. Hatte die Berührung der Collectorplatte kürzere oder längere Zeit (was keinen grossen Unterschied zu machen schien, da die Ladung gewöhnlich sehr schnell geschah) stattgefunden, so wurde die Verbindung aufgehoben, die obere Platte des Condensators entfernt, und nun zeigten die Goldblättchen durch ihre Divergenz den Grad der mitgetheilten Electricität, deren Qualität auf die gewöhnliche Weise durch Annäherung einer geriebenen Siegellackstange oder einer Glasröhre erforscht wurde. Die wichtigsten Resultate dieser, mehrere Monate hindurch fortgesetzten Versuche waren folgende: In der Regel ist die eigenthümliche Electricität des menschlichen Körpers im gesunden Zustande positiv. Selten übersteigt sie an Intensität die Electricität, welche das mit dem

Erdboden in leitender Verbindung stehende Kupfer mit dem Zink hervorbringt. Reizbare Menschen von sogenanntem sanguinischen Temperamente haben mehr freie Electricität als träge von sogenanntem phlegmatischen Temperamente. Des Abends ist die Menge der Electricität grösser als zu den andern Tageszeiten. Geistige Getränke und der dadurch vermehrte Kreislauf vermehren die Menge der freien Electricität. Die Weiber sind öfter als die Männer negativ electrisch, doch sind weder die Versuche von Ahrens, noch von mir — sagt Pfaff — bisher genug vervielfältigt worden, um den Gegensatz der Electricität des weiblichen Geschlechtes gegen die des männlichen als Regel aufstellen zu können. . . . Im Winter sehr durchkältete Körper zeigten erst keine Electricität, die aber allmälig zum Vorschein kam, sobald die Haut wieder warm wurde. Dass diese eigenthümliche Electricität des Körpers ganz unabhängig von dem Reiben der Kleider an der Oberfläche sei, bewies der Umstand, dass auch der ganz nackte Körper dieselbe Electricität zeigt; auch war kein Unterschied zu bemerken, welcher Theil des Körpers mit der Collectorplatte in Berührung kam. Während der Dauer rheumatischer Krankheiten scheint die eigenthümliche Electricität des Körpers auf Null herabzusinken, und, sowie die Krankheit weicht, allmälig wieder zum Vorschein zu kommen. Hermann Nasse hat diese Versuche wiederholt, sich aber dabei, wie es scheint, nur des Electroskops, ohne condensirende Vorrichtung bedient. Er hat überall, bei Männern wie bei Weibern, an Kranken wie an Gesunden, ja an Leichen, und gleich viel ob Isolation stattfand oder nicht, positive Electricität gefunden, und leitet dieselbe in seinen, wie in Ahrens Versuchen von der Reibung ab, der die electroskopischen Vorrichtungen bei ihrer Handhabung am Körper unterworfen sein mögen. Es ist eben ausserordentlich schwer, bei der electrischen Spannung, welche sich an der Körperoberfläche findet, zu unterscheiden, inwieweit dieselbe eine Folge des Lebensprocesses als solche ist, oder eine Folge der Reibung, welcher die Körperoberfläche an den Kleidungsstücken ausgesetzt ist. Denn, wenn auch der nackte Körper untersucht worden ist, so ist doch kürzere oder längere Zeit vorher die Körperoberfläche der Reibung der Kleidungsstücke ausgesetzt gewesen, und es ist bekanntlich sehr schwer, einen Körper von den letzten Spuren electrischer Spannung, welche seiner Oberfläche anhaftet, zu befreien.

Die Erscheinungen, wie sie hier beschrieben worden sind, sind sämmtlich solche, welche sich nur mit feineren Hilfsmitteln nachweisen lassen. Es existiren Nachrichten theils aus älterer, theils aus neuerer Zeit, nach denen einzelne Menschen viel auffallendere electrische Erscheinungen gezeigt haben sollen. Jean Domin. Cassini erzählt in seinem Reiseberichte aus Italien vom Jahre 1775 von einem russischen Herrn, den er in Florenz kennen gelernt, und der ihn versicherte, dass er zu verschiedenen Zeiten seines Lebens das Vermögen gehabt hätte, electrische Funken zu geben. Oseretskowski wurde von drei glaubhaften, und in Petersburg angesehenen, aus Sibirien gebürtigen Männern berichtet, dass Michael Puschkin in Tobolsk, 45 Jahre alt, vom Jahre 1775 an die Eigenschaft besessen habe, Jedem, der ihn berührte, einen Funken nebst Erschütterung mitzutheilen. Nur im Winter jedoch gab sich diese Eigenschaft kund, und auch dann bedurfte er eines isolirenden Teppichs, auf dem er stand. Seine Frau sei durch den Umgang mit ihm gleichfalls

electrisch geworden, so dass, wenn ihre Freundinnen beim Grusse nach Landessitte Küsse mit ihr wechselten, sie häufig durch die im Augenblicke der Berührung von ihren Lippen überspringenden Funken erschreckt wurden. Oseretskowski ist zweifelhaft, ob nicht dieser Fall einer und derselbe mit dem von Cassini erzählten sei.

Die ausführlichste und zugleich die erstaunlichste von diesen Erzählungen ist die von der electrischen Dame zu Orford (Grafton county, New Hampshire) in den Vereinigten Staaten. Am 25. Jänner 1837, als eben ein strahlendes Nordlicht am Himmel stand, bemerkte diese Dame, inmitten der zur Beobachtung desselben versammelten Gesellschaft, indem sie mit der Hand die Wange ihres Bruders streichelte, zu Beider nicht geringem Erstaunen, dass electrische Funken aus jeder Fingerspitze nach dem berührten Gesichte übersprangen. Die ganze, durchaus zu Zweifeln geneigte Gesellschaft überzeugte sich durch Gesicht und Gefühl von den Funken, und der etwas später hinzugekommene Berichterstatter, Dr. Willard Hosford, ein „achtungswerther" Arzt, erhielt von den Knöcheln der Dame einen $3/4''$ langen Funken an die Nase, über den er im Zurückprallen jeden Zweifel vergass. Dies electrische Vermögen hielt bis zu Ende Februar mit wachsender Stärke an, begann dann zu sinken und verschwand erst gegen Mitte Mai. Es blieb sich während dieser Zeitdauer nicht stets an Stärke gleich; indessen sei zu vermuthen, dass vom 25. Jänner bis zum 1. April die Dame jederzeit im Stande war, electrische Funken abzugeben. Eine Temperatur von ungefähr 70—80^0 Fahrenheit, leichte Körperbewegung, Gemüthsruhe, gesellige Erheiterung beförderten das Hervortreten der Erscheinung; unter diesen aber war der Einfluss der Temperatur am deutlichsten, da noch ehe das Thermometer den Nullpunkt erreichte, die Electricität völlig verschwunden war. Mit dem Nullpunkte ist hier jedoch, obschon nach Fahrenheit'schen Graden gerechnet wird, der Frostpunkt gemeint, was sich daraus ergeben dürfte, dass in Mussey's Bericht 25^0 Fahrenheit ($= -$ 3·88^0 C.) als die ungefähre Grenze des electrischen Vermögens sich angegeben findet. Barometer- und Hygrometerstand übten keinen merkbaren Einfluss aus. Der Isolator, auf dem die Dame sich befand, war einfach der türkische Teppich ihres Zimmers, und gestattete keine höhere Spannung, als die sich nachher in Funken von 1·5'' Länge entlud (!); wurde aber ein metallischer Leiter $1/16''$ von ihrem Finger gehalten, so ging alle Secunden ein hör-, sicht- und fühlbarer Funke über. Wenn sie, die Füsse in der Nähe des eisernen Ofens, („on the stove-hearth [of iron]") mit Lesen beschäftigt, sass, und keine andere Bewegung vornahm, als dass sie athmete und von Zeit zu Zeit das Blatt wendete, so schlugen in der Minute drei oder mehr Funken nach dem Ofen über, trotz der Nichtleitung ihrer Schuhe und seidenen Strümpfe. Sie konnte isolirte Personen laden, ja so stark, dass diese wiederum eine dritte zu laden vermochten u. s. w. Unter den günstigsten Umständen gab sie in der Minute vier 1·5'' lange Funken einer bronzenen Kugel an dem Ofen ab, deren Knattern durch das ganze grosse Zimmer gehört wurde; dies geschah sogar, freilich auf Kosten des Glanzes der Funken, durch eine Kette von vier Personen hindurch. Das Haar der Dame sträubte sich nicht durch electroskopische Abstossung, unstreitig, weil es zu fest gemacht war: „her hair having been laid smooth at her toilet and firmly fixed before she appeared upon her in-

sulator". Sie ging gemeiniglich in Seide gekleidet; der Arzt liess sie statt dessen Baumwolle und Wollenzeug anlegen, und ihre Schwester die seidenen von jener abgelegten Stoffe tragen: weder aber wurde diese dadurch electrisch, noch büsste die erstere ihre ausserordentliche Fähigkeit ein. Ja, sogar der Schweiss vermochte, den Erfahrungen über den gewöhnlichen Grad freiwilliger Electrisirung an isolirten Menschen zuwider, dieser Fähigkeit nichts anzuhaben. Silliman, der den Bericht in seiner bekannten Zeitschrift wiedergibt, scheint keinen Zweifel in die Richtigkeit der Thatsache zu setzen. Er spricht, als ob er Dr. Hosford persönlich kenne, ist im September 1837, also wenige Monate nach dem Ereignisse, in Orford gewesen, und hat dort sowohl, als auch in der 18 englische Meilen südlich davon gelegenen Hochschule Dartmouth (at Hannover) allgemeinen Glauben an dasselbe vorgefunden. Ich kann dem hinzufügen, dass ich eine Reihe von Jahren darauf den Professor der pathologischen Anatomie von Dartmouth College gesprochen habe, und er mir sagte, dass diese Erzählung dort allgemein geglaubt werde, und man die Personen, die darüber berichtet hätten, für vollkommen verlässlich halte.

Bei der Beurtheilung solcher Berichte muss man sich die Art und Weise vergegenwärtigen, wie die Menschen über auffallende Naturerscheinungen zu berichten pflegen. Das Wunderbare nimmt in ihren Schilderungen immer zu, auch ohne dass sie es selbst beabsichtigen, und ohne dass sie sich irgend einer Uebertreibung schuldig fühlen. Auffallende electrische Erscheinungen bieten einzelne Personen allerdings dar. Als ich in Königsberg war, sagte mir im Winter 1848/9 einer meiner Schüler, der zugleich Hauslehrer war, dass seine beiden Eleven, wenn sie des Abends die Wäsche wechselten und das Hemd über den Kopf zögen, durch die Reibung am Haare einen Lichtschein erzeugten, und dass sich das Haar sträube, offenbar durch electrische Abstossung. Ja, wenn man nur leicht über das Haar hinstreiche, so sei dies hinreichend, damit sich dasselbe durch electrische Abstossung aufrichte. Er brachte die beiden Knaben zu mir. Sie hatten ein sehr feines und zugleich sehr trockenes Haar, und eine feine, aber überaus trockene Haut. Obgleich seitdem Thauwetter eingetreten war, also die atmosphärischen Verhältnisse den electrischen Erscheinungen weniger günstig waren, zeigten sich diese doch noch immer in sehr auffallender Weise. Nicht allein sträubte sich das Haar durch electrische Abstossung, wenn man über dasselbe hinstrich, sondern man konnte durch ein blos einmaliges Herüberfahren mit einem seidenen Tuche letzteres so stark laden, dass man unmittelbar darauf mit dem Knöchel eines Fingers der anderen Hand einen electrischen Funken daraus ziehen konnte. Als ich hievon in einer Gesellschaft erzählte, so sagten mir ein paar Damen, das sei ihnen gar nicht auffallend, sie kennten ähnliche Erscheinungen an sich selbst. Wenn sie sich an einem Wintermorgen im Dunklen das Haar kämmten, so sähen sie häufig aus dem Haare Funken sprühen und hörten deren Knistern. Seit die Hornkämme vielfach durch Kämme aus Hartgummi ersetzt sind, ist dies Funkensprühen noch viel häufiger geworden und jetzt im ganzen Norden allgemein bekannt.

Es sind diese Erscheinungen wesentlich dieselben, welche man an einer Katze beobachten kann, wenn man sie im Dunklen gegen das Haar streichelt, indem dann auch Funken aus ihrem Pelze sprühen. Man hielt deshalb früher die Katze für ein electrisches Thier, und verwendete ihr

Fell mit Vorliebe zu Reibzeugen für Electrisirmaschinen. Heutzutage weiss man, dass es sich hier nur um einen Nichtleiter handelt, welcher der Reibung ausgesetzt ist. In den fünfziger Jahren fand Loomis, dass Erscheinungen, ähnlich, wenn auch nicht von derselben Intensität, wie sie die electrische Dame von Orford dargeboten, in Nordamerika gar nicht selten seien. Er entdeckte als wesentliche Ursache derselben die Reibung der Schuhsohlen an Teppichen aus Wollsammt. Die Erscheinungen waren am stärksten, wenn die Luft draussen kalt und trocken war, und sie erreicht dort bekanntlich bei Westwind einen bei uns unbekannten Grad der Trockenheit. Sie fanden sich ferner vorzugsweise in Häusern mit Luftheizung, und waren um so intensiver, je besser die Räume in der Winterkälte ausgeheizt waren.

Ein eigenes Capitel bildet die Electricität des Blutes und der Absonderungen, über welche man früher mannigfaltige Versuche angestellt hat, ohne dass viel für die Physiologie eigentlich Verwerthbares daraus hervorgegangen ist. Interessant ist es, dass, wie Vassalli-Eandi entdeckte, der in metallene, isolirte Gefässe gelassene Urin negativ electrisch ist. An der Sache selbst, sagt du Bois, ist nicht zu zweifeln, da Volta sie ausführlich bestätigt, und über den Grund der Erscheinung experimentirt hat. Er vermuthete, dass diese Electricität von derselben Ursache herrühre, wie die von Tralles in der Umgebung von Wasserfällen erkannte, nämlich, dass sie Folge des Auffallens des Wassers sei. Diese Ansicht zeigte sich jedoch nicht stichhältig; denn, als er eine grosse Spritze mit warmem Urin anfüllte und nun einen viel kräftigeren Strahl, als ihn die Zusammenziehung der Blase zu erzeugen vermag, in das Becken trieb, erhielt er niemals auch nur das geringste Zeichen von Electricität.

Eine andere interessante Thatsache ist von John Murray beobachtet worden. Dieser fand, dass die frisch gezogenen Spinnfäden negativ electrisirt seien. Seine Versuche beziehen sich namentlich auf das Gespinnst der Aranea aëronautica, der Erzeugerin des „fliegenden Sommers". „Bringt man den Leitungsdraht nahe an den Faden, an welchem die Spinne hängt, besonders an die Flöckchen und wolligen Kügelchen, so wird der Faden bedeutend aus der perpendiculären Richtung abgezogen, und der Draht übt auf den horizontalen Faden eine Attraction aus. Nähert man eine Stange geriebenes Siegellack dem hängenden Faden, so wird er davon augenscheinlich abgestossen, folglich ist die Electricität desselben negativ. Hält man die geriebene Stange über das Thier, so steigt es augenscheinlich herab, und wenn man es auf stark geriebenes Siegellack fallen lässt, so springt es mit bedeutender Kraft in die Höhe. Am 8. Juli 1822, 4 Uhr Nachmittags, sagt Murray, näherte ich zwei aëronautische Spinnen, jede an einem besonderen Faden hängend, einander; es erfolgte eine Abstossung, und wenn eine momentan mit der andern in Berührung gebracht wurde, so fiel sie augenblicklich in der perpendiculären Richtung tiefer herab. Eine geriebene Glasröhre schien den Faden und mit ihm die Spinne anzuziehen. Wenn das Insect auf diese Weise positiv electrisirt wurde, so stieg es mit ausserordentlicher Schnelligkeit herab, und spann dabei Fäden, die, wie ich beim Aufwickeln derselben bemerkte, wenigstens 30 Fuss lang waren."

Fechner bestätigt diese Ergebnisse durchaus. Ueber ihren erdenkbaren Nutzen in der Oekonomie der Spinnen urtheilt Murray

folgendermassen. Er stellt sich erstens vor, dass bei herrschender positiver Electricität der oberen Luftschichten die Fäden vermöge ihrer negativen Electrisirung von selbst einen Zug nach oben erhalten und aufsteigen können. Zweitens bemerkt er, dass die in der Luft gesponnenen Fäden sich nicht mit einander vereinigen, sich vielmehr stets von einander absondern, und er vermuthet, dass dies die Folge der gleichnamigen Electrisirung aller sein dürfte. Was den Ursprung der Electricität betrifft, so sagt er nur: „Beim plötzlichen Aufziehen eines ganz fein gesponnenen Glasfadens habe ich bemerkt, dass er in der verticalen Richtung blieb, und bei der Untersuchung fand ich ihn electrisch.“ Das sind die interessantesten Angaben aus diesem Capitel.

Grundzüge der thierischen Organisation.

Als das Mikroskop zuerst die Wunder einer bis dahin unsichtbaren Thierwelt erschloss, da konnten sich einige Beobachter dem Glauben hingeben, dass die kleinen Wesen, welche man nur unter dem Mikroskop sah, und welche man damals noch ziemlich unterschiedslos mit dem Namen der Infusionsthierchen bezeichnete, noch ebenso complicirt gebaut seien, wie die höheren Thiere. Ja man scheute sich nicht auszusprechen, dass ein Infusionsthierchen ebenso complicirt und in seiner Art ebenso hoch organisirt sei, wie ein Elephant. Wenn es nun auch sicher richtig ist, dass diese mikroskopischen Thierchen noch eine reichhaltige Organisation haben, wenn es auch richtig ist, dass ihre Organisation weit über das hinausgeht, was wir jetzt mit unseren besten Mikroskopen sehen; so würde es doch andererseits sicher ein Irrthum sein, wenn man glauben wollte, dass die Art von complicirter Organisation, wie wir sie gerade an höheren Thieren finden, sich bei den niederen Thieren wiederholen müsste; mit anderen Worten, dass ein solches niederes Thier ein Athemorgan, eine Leber, ein Centralnervensystem, ein Herz u. s. w. haben müsste, wie es die höheren Thiere haben. Die Einrichtungen des Organismus der höheren Thiere sind zum Theil wesentlich an die grösseren Dimensionen geknüpft und würden bedeutungslos werden in einem sehr kleinen Organismus, gerade so, wie Eisenbahnen, Telegraphen, Markthallen u. s. w. bedeutungslos sein würden für eine Insel in der Südsee von $^1/_{20}$ Quadratmeile Flächeninhalt, die sich als selbstständiger Staat constituirt hätte.

Unter den niedrigsten thierischen Organismen, an denen wir noch eine complicirtere Thätigkeit wahrnehmen, sind es die Rhizopoden, und unter ihnen wieder die Amöben, welche uns deshalb besonders interessiren, weil sie ganz analog denjenigen Elementarorganismen, oder, wenn Sie wollen, Partialorganismen, organisirt sind, aus welchen sich die höheren Wirbelthiere und der Mensch aufbauten, und welche man mit dem Namen der Embryonalzellen belegt. Eine solche Amöbe ist ein kleines, weiches Gebilde, ein Gebilde von sehr geringer Consistenz. Wenn ich sagen würde, ein gallertartiges Gebilde, würde ich damit nicht einmal das Richtige ausdrücken, indem nur die abgestorbene Amöbe gallertartig ist, da nur die abgestorbene Amöbe eine bestimmte Gleichgewichtsgestalt hat, wie ein Gallertflöckchen, während die lebenden Amöben, wie schon ihr Name andeutet, ihre Gestalt wechseln, sich platt ausbreiten, lange Fort-

sätze ausstrecken, diese wieder einziehen, kurz die verschiedenartigsten Formen annehmen. In vielen von ihnen findet sich in der Mitte ein rundliches Gebilde, das man mit dem Namen des Kernes bezeichnet. Man kennt indessen auch kernlose Amöben. Abgesehen von diesem Kerne und kleinen Körnchen, die sich in der weichen Masse ihres Leibes, im sogenannten Protoplasma, der Sarkode, vorfinden, unterscheiden wir mit dem Mikroskope an der lebenden Amöbe nichts von einer Organisation. Wir können auch sicher sagen, dass den Amöben schon das abgeht, was wir sonst als erstes Attribut der Organbildung zu betrachten pflegen, nämlich eine Nahrungshöhle. Wir können dies deshalb sagen, weil wir unter unseren Augen sehen, wie die Amöbe sich ernährt. Sie ernährt sich so, dass sie ihren weichen Körper um den Gegenstand, mit dem sie sich ernähren will, gewissermassen herumgiesst, in dieser Lage so lange verharrt, bis sie dem Körper die resorbirbaren Substanzen entzogen, und sich dann wieder von ihm trennt. Ein ausgezeichneter Botaniker glaubte einmal die Umwandlung eines Stärkemehlkornes in eine Amöbe gesehen zu haben, weil er fand, dass das Stärkemehlkörnchen sich mit einem feinkörnigen Saume umgab, dass dieser sich verbreiterte, und dass das Ganze offenbar jetzt eine Amöbe war, in deren Innerem ein Stärkemehlkorn oder der Rest desselben lag. Er überzeugte sich aber später von seinem Irrthume; er fand, dass die Amöbe nicht aus dem Stärkemehlkorn entsteht, sondern dass die Amöbe sich nur um das Stärkemehlkorn herumgegossen, dasselbe in ihren Körper eingeschlossen hatte, um sich davon zu ernähren. Noch viel häufiger ist es, dass kleinere Körper in grösserer Anzahl in den weichen Leib der Amöbe hineingezogen werden. Sie werden darin theilweise aufgelöst, ausgelaugt, und der unverdauliche Rest wird wieder ausgestossen.

Eine solche Existenz ist da möglich, wo der zu ernährende Organismus sehr klein, und der Stoffwechsel langsam ist: da kann von einer ad hoc gebildeten inneren Oberfläche aus so viel Nahrungsstoff aufgenommen werden, als eben zur Ernährung des Thieres nothwendig ist. Anders ist es, wenn die Dimensionen grösser werden, oder wenn der Stoffwechsel ein geschwinderer wird, wenn mehr lebendige Kraft erzeugt werden soll, als hier verbraucht wird. Da muss eine eigene Nahrungshöhle vorhanden sein, in welcher die zu verdauenden Substanzen aufgenommen werden. Sie ist entweder ein Blindsack oder ein Rohr, das einfach oder gewunden durch den Körper hindurchgeht und so schon das darstellt, was wir mit dem Namen des Darmkanals bezeichnen. In dem Grade, als die Dimensionen des Körpers und die Geschwindigkeit des Stoffwechsels wachsen, in dem Grade, als relativ mehr Substanz verbrannt wird, werden eigene Organe nöthig für die Ausscheidung der zersetzten Stoffe, es wird endlich auch die Menge des Sauerstoffes, welcher von der Körperoberfläche aufgenommen werden kann, zu wenig; es muss eine locale Vermehrung der Oberfläche vorhanden sein, von welcher der Sauerstoff aufgenommen wird, ein Respirationsorgan. Dieses bedingt aber nothwendig wiederum ein Kanalsystem, in welchem sich Flüssigkeit bewegt, die einerseits die verdauten Substanzen, und andererseits den absorbirten Sauerstoff mit einander in Berührung bringt, kurz es ist ein Gefässsystem nothwendig, und mit diesen complicirten Ein-

richtungen hängen natürlich auch alle übrigen zusammen, Nervensystem, Muskelsystem, endlich das, wie es scheint, auf verhältnissmässig sehr tiefen Stufen schon ausgebildete Reproductionssystem, ein Sexualapparat.

Das Blut.

Die Blutkörperchen.

Wenn wir das Blut untersuchen, so finden wir darin eine Menge von kleinen Körperchen, wovon ein Theil, aber die Minderzahl, farblos, und den Amöben im hohen Grade ähnlich ist. Sie haben mit den Amöben gemein, dass sie einen weichen Leib mit feinkörnigem Protoplasma haben, dass sie Fortsätze ausstrecken, und entweder einen einzelnen Kern oder einen Haufen von mehreren Kernen neben einander haben. Ausserdem findet sich aber im Blute eine viel grössere Anzahl von farbigen Körpern, welche unter dem Mikroskope gelbgrünlich erscheinen und in Massen zusammengehäuft roth sind, so dass das Blut ihnen seine rothe Farbe verdankt. Sie sind es, welche man insonderheit mit dem Namen der Blutkörperchen oder der rothen Blutkörperchen bezeichnet, während man die anderen farblosen mit dem Namen der weissen Blutkörperchen oder der Lymphkörperchen bezeichnet, weil sie aus der Lymphe stammen, bei der wir sie näher betrachten werden.

Die rothen Blutkörperchen sind beim Menschen kreisrunde Scheiben, die an einer oder an beiden Seiten eine Delle, einen Eindruck haben. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel $\frac{1}{126}$ Millimeter. Aehnlich sind sie bei den meisten Säugethieren, bald etwas grösser, bald etwas kleiner als beim Menschen, nur bei den verschiedenen Arten der Kameele und der Lamas sind sie elliptisch. Die bedeutend grösseren Blutkörperchen der Vögel, der beschuppten und der nackten Amphibien und der Fische, sind sämmtlich mit Ausnahme der von Myxine und Petromyzon elliptische Scheiben. Sie haben in der Mitte, die etwas aufgetrieben, etwas dicker als der übrige Theil der Scheibe ist, einen elliptischen Fleck, der in ganz frischen und lebenden Blutkörperchen undeutlich begrenzt ist und sich durch seine lichtere Farbe auszeichnet. Man bezeichnet ihn mit dem Namen des Kernes, indem er, wenn man Jodtinctur oder andere Reagentien hinzubringt, sich schärfer contourirt, und nun das Ansehen eines sogenannten Zellenkernes erhält.

Wir sind hier an einen Punkt gekommen, wo wir uns erst näher mit der Terminologie der Zellentheorie bekannt machen müssen.

Als das Mikroskop zuerst zum Studium pflanzlicher und thierischer Gewebe verwendet wurde, beobachtete man, dass ein dünner Schnitt von einem Pflanzengewebe lauter kleine polyedrische Höhlen zeigt. Man war ursprünglich der Meinung, dass dies Höhlen in einer continuirlichen Substanz seien, ähnlich so, wie die Löcher im Brode Höhlen in einer continuirlichen Substanz sind. Dutrochet wies aber nach, dass dies nicht so sei, sondern dass der Pflanzenleib aus lauter kleinen schlauchartigen Gebilden aufgebaut sei, die sich gegen einander abgeplattet haben, dass also jede dieser einzelnen Höhlen durch besondere Wandungen

begrenzt und die Höhle eines ganz für sich bestehenden Gebildes, eines kleinen Schlauches oder Kästchens, sei. Diese kleinen Schläuche nannte man Zellen, und Robert Brown, der berühmte englische Botaniker, wies nach, dass bei weitem in den meisten dieser Zellen, wie man damals und längere Zeit später glaubte, in allen Zellen, ein sogenannter Kern vorhanden sei, das heisst ein runder Körper, der gewöhnlich nicht in der Mitte, sondern seitlich an der Wand liegt, und den eben Robert Brown mit dem Namen des Zellkernes bezeichnete. Auf diese Weise unterschied man an den Zellen, aus welchen die Pflanze gebildet wird, drei Theile, eine feste äussere Hülle, die Zellmembran, einen flüssigen Inhalt, den sogenannten Zellinhalt, und endlich einen festen Körper im Innern, den Zellkern.

Als nun später Schwann seine berühmten Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthume der Thiere und Pflanzen veröffentlichte, als er nachwies, dass der Thierleib sich ebenso aus einer Summe von ursprünglich ähnlichen Gebilden aufbaue, wie der Pflanzenleib, da ging die Nomenclatur, die für die Pflanzenzelle gebildet war, auch auf die thierische Zelle über, und man war überzeugt, dass alle diese Zellen aus einer membranösen Hülle, aus einem flüssigen Inhalte und aus dem Zellkerne bestünden. In neuerer Zeit hat man seine Vorstellungen hierüber wesentlich ändern müssen. So richtig an und für sich die Parallele ist, welche Schwann zwischen den thierischen Zellen und den pflanzlichen Zellen, oder, wie wir lieber sagen wollen, zwischen den thierischen und pflanzlichen Elementarorganismen gezogen hatte, so hatte er sich doch in Rücksicht auf den Bau der thierischen Zelle geirrt, und das hing damit zusammen, dass damals der Bau der Pflanzenzelle selbst noch nicht vollständig verstanden war. Das Verständniss des Baues der Pflanzenzelle konnte erst aufgehen, nachdem uns Hugo von Mohl auf der Innenseite der Cellulosemembran noch ein eigenes Gebilde kennen gelehrt hatte, welches er mit dem Namen des Primordialschlauches belegte, und von dem er richtig aussagte, dass es früher da sei als die Cellulosemembran. Dieser Primordialschlauch war der eigentliche Leib des Elementarorganismus, und die sogenannte Zellmembran war nichts anderes als das Gehäuse, welches dieser Leib um sich gebildet hatte, in ähnlicher Weise, wie eine Muschel oder eine Schnecke ein Gehäuse um ihren Körper bildet. Wenn man nun die jetzt bekannten Theile der Pflanzenzelle mit der Thierzelle vergleicht, so muss der Kern der Pflanzenzelle mit dem der Thierzelle verglichen werden: der Leib der Thierzelle aber, die Substanz, die um den Kern gelagert ist, besteht, wie die neueren Untersuchungen gezeigt haben, im jugendlichen Zustande, ähnlich dem Amöbenleibe, aus einem Protoplasma, das wiederum der Substanz des Primordialschlauches analog ist. Der Primordialschlauch ist also der eigentliche Zellenleib, der dem Leib der thierischen Zelle zu vergleichen ist. Die Höhle im Innern der Pflanzenzelle, die mit Flüssigkeit gefüllt ist, ist etwas, was in der Regel in der Thierzelle kein Analogon findet, und ebenso ist auch die Cellulosemembran, die auswendig den Primordialschlauch, also den Zellenleib umgibt, etwas, was in der Regel in der Thierzelle kein Analogon findet. Die thierische Zelle ist also für uns zunächst ein Protoplasmaklümpchen, welches, wenigstens in der Jugend, contractil ist, Fortsätze ausstreckt, und in welchem wir bei

weitem in den meisten Fällen im Innern noch ein Gebilde unterschieden, das wir mit dem Namen des Kernes belegen. Die pflanzliche Zelle in ihrer allgemeinen Fassung braucht auch nichts weiter, aber im Verlaufe ihrer weiteren Entwickelung bekleidet sie sich nach aussen mit einem Gehäuse und innen bildet sie eine Höhle, in welcher sich Flüssigkeit ansammelt. Dass auch das pflanzliche Protoplasma, die Masse des sogenannten Primordialschlauches, in ähnlicher Weise contractil sei, wie wir es an freilebenden Amöben, wie wir es auch an manchen Zellen des menschlichen Organismus sehen, das lässt sich sehr deutlich und schön an gewissen Pflanzenzellen, z. B. an den Brennhaaren der Nessel, Urtica urens, wahrnehmen. Die Brennhaare solcher Nesseln bestehen aus einer grossen Zelle, die mittelst zahlreicher kleinerer in die grüne Rindenschicht eingefügt ist. Die Membran dieser Zelle ist farblos und glashell, nach innen von der Protoplasmaschicht, dem Primordialschlauche ausgekleidet, und darin liegt an der Basis der Zelle der Zellkern. Im Protoplasma sieht man fortwährend wellenförmige Bewegungen an der inneren, der Intracellularflüssigkeit zugewendeten Oberfläche, so dass man anfangs geglaubt hat, dass dieses Protoplasma zähflüssig sei und an der inneren Wand der Cellulosemembran entlang fliesse. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern das sind Bewegungen, welche darin bestehen, dass sich eine Contractionswelle nach der andern bildet, in einer bestimmten Richtung fortschreitet, und dann wieder verstreicht. Im Zusammenhange mit dieser Bewegung steht eine regelmässige Fortbewegung der Körnchen im Protoplasma, welche mit dazu Veranlassung gegeben hat zu glauben, dass das ganze Protoplasma fliesse. Man kann sich aber leicht überzeugen, dass das Protoplasma nicht fliesst, dass nur die Körnchen in einem System von Hohlräumen fliessen, welches in diesem Protoplasma vorhanden sein muss. Wenn man electrische Ströme auf ein solches Brennhaar einwirken lässt, so werden eine Menge von Fortsätzen gegen das Innere getrieben, und augenblicklich stockt die Körnchenbewegung. Wenn die Schläge nur schwach gewesen sind, so ziehen sich diese Fortsätze wieder zurück, und das Ganze kommt wieder in seinen früheren Gang. Sind die Schläge aber zu stark gewesen, so bemerkt man, dass Körnchen in die innere Höhle austreten, dass also bei diesem Ausstossen von Fortsätzen das Protoplasma zerrissen sein muss. Man bemerkt später, dass das Protoplasma nicht ganz wieder in seine frühere Lage zurückkehrt, dass die Körnchenbewegung aufhört, und wenn man kurze Zeit wartet, so trübt sich der Primordialschlauch, und fängt an sich stellenweise von der Cellulosemembran abzulösen. Man hat den Leib dieser Pflanzenzelle getödtet, und daher diese Erscheinungen der Trübung, der Ablösung. Wir werden später bei der thierischen Zelle ganz analoge Erscheinungen kennen lernen.

Die rothen Blutkörperchen sind nun auch als Zellen angesehen worden, und man unterschied demgemäss an den kernhaltigen Blutkörperchen eine Zellmembran, eine feste Hülle, einen flüssigen Inhalt und einen Zellkern. Wir wollen diese kernhaltigen Blutkörperchen zuerst betrachten, weil wir mehr von ihnen wissen, als von den kernlosen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen.

Zunächst fragt es sich, ob wirklich eine Zellmembran und ein flüssiger Inhalt vorhanden sei. Dem widersprechen Beobachtungen, welche

man an den Blutkörperchen gemacht hat, und täglich an ihnen machen kann. Man sieht Stücke von Blutkörperchen, die noch gefärbt sind, herumschwimmen, was natürlich nicht möglich wäre, wenn das Blutkörperchen ein Bläschen, ein Schlauch, und der Farbstoff, wie man annahm, in dem flüssigen Inhalte enthalten wäre. Denn wenn das Blutkörperchen zertrümmert ist, müsste dann der Farbstoff herausfliessen und sich mit der umgebenden Flüssigkeit mischen. Man sieht ferner, wenn man gewisse anscheinend indifferente Substanzen, wie Harnstoff, zusetzt, die Blutkörperchen in Tropfen zerfallen, ohne dass man dabei eine Membran zerreissen sieht. Man sieht die Blutkörperchen sich durch enge Räume drängen, wobei sie ihre Form in so hohem Grade verändern, sich so verlängern können, dass man nicht mehr weiss, welche Elasticität man der Membran zuschreiben sollte, die ihren Inhalt umgibt. Rollett hat sie in Leim eingeschlossen, den Leim gelatiniren lassen und nun unter dem Mikroskope gedrückt. Er hat dabei gefunden, dass die Blutkörperchen ihre Form in ähnlicher Weise verändern, wie es eine halbflüssige Masse thun würde, ohne dass es dabei jemals zum Zerreissen einer Membran käme. Man hat endlich Spitzen und Fortsätze aus den Blutkörperchen heraustreten sehen, wie sie mit dem Vorhandensein einer Membran nicht vereinbar sein würden. Die Bläschennatur der Blutkörperchen wird auch kaum mehr ernstlich vertheidigt; es handelt sich nur noch darum, ob eine äussere festere Schicht vorhanden ist, eine, wenn auch an sich ziemlich weiche, doch etwas festere Schicht als der Inhalt: es ist aber schwer, etwas Sicheres über dieselbe zu erfahren. Die festen Rindenschichten, welche man durch Zusatz von Reagentien demonstrirt hat, die mit Bestandtheilen der Blutkörper unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen bilden, sind bedeutungslos, weil man hier eben durch das Reagens die Rinde härter machte, als sie von Natur ist.

Am meisten erfährt man über die Blutkörperchen, wenn man sie ganz frisch in einprocentige Borsäurelösung hineinfallen lässt, das heisst in solche Borsäurelösung, die im Liter zehn Gramme geschmolzene Borsäure enthält. Man verwende hiezu die Blutkörperchen von Tritonen, denen man den Kopf abschneidet, und das Blut direct in die Borsäurelösung hineintropfen lässt. Sie senken sich darin wie ein feiner Sand, oder wie hineingestreutes Ziegelmehl zu Boden. Man giesst die überflüssige Borsäure ab, und bringt etwas von dem Satze unter das Mikroskop. Man sieht, dass sich jedes Blutkörperchen in eine helle, ganz farblose durchsichtige Masse, und in eine gefärbte Masse, welche in ihrem Innern den Kern enthält, trennt. Diese gefärbte Masse drängt sich immer mehr nach der Seite hin und fängt an, den Rand des farblosen Stückes zu überragen, und endlich trennt sie sich in vielen Fällen vollständig davon ab, so dass sie gesondert daneben liegt. Dieser ganze Vorgang, den man vom Anfange an verfolgen kann, wenn man Blut und Borsäure erst unter dem Mikroskope zusammenbringt, geht vor sich, ohne dass man etwas dem Zerreissen einer Membran Aehnliches sieht. Nur bisweilen bemerkt man an dem farblosen Stücke eine schwach angedeutete Linie, wie den Rand eines Kraters. Es ist das der Rand der Grube, in welcher zuletzt noch das farbige Stück gelegen hat.

Das Blutkörperchen hat sich hier also in zwei Stücke getrennt, von denen das eine den Kern und die gefärbte Substanz enthält, das

andere dagegen vollständig farblos ist. Ich will das erstere mit dem Namen Zooid, und das zweite mit dem Namen Oekoid bezeichnen, weil ich das erstere Stück als den eigentlichen lebenden Leib des Elementarorganismus ansehe, und das zweite Stück als ein Gehäuse, in welchem dieses Zooid während des Lebens steckt. In welchem Zusammenhange beide mit einander gestanden haben, darüber bekommt man erst Aufschluss, wenn man eine grosse Menge von so behandelten Blutkörperchen untersucht. Dann findet man einzelne, in denen die farbige Substanz in dendritischen Verzweigungen liegt, in deren Centrum sich der Kern befindet. Diese dendritischen Verzweigungen trifft man, wenn man eine hinreichend grosse Menge von Blutkörperchen in verschiedenen Stadien untersucht, einmal so, dass die dendritischen Verzweigungen sehr dicht und sehr reichlich sind, und dann wieder so, dass sie sich auf einige Fortsätze beschränken, die noch aus der übrigen, um den Kern zusammengeballten Masse herausragen. Man kann nicht in Zweifel sein, dass dies Zwischenstufen sind zwischen dem lebenden Zustande und dem Zustande, wie wir ihn nach Borsäurebehandlung gewöhnlich finden. Der farbige Bestandtheil des Blutkörperchens und mit ihm der eigentlich lebende Zellenleib muss in dem Oekoid in sehr feinen und dicht neben einander liegenden Räumen vertheilt gewesen sein, so dass das ganze Blutkörperchen im lebenden Zustande durch ihn gefärbt war. Wenn er sich vollständig aus diesen Räumen zurückzieht, so bildet er eben den Ballen, den wir als Zooid aus dem Oekoid austreten sehen. Wenn er sich aber nur theilweise, nur aus den letzten Räumen zurückzieht, dann bildet er die dendritischen Figuren, welche wir in verschiedenen Formen an einem Theile der Blutkörperchen sehen.

Woraus das Oekoid gebildet ist, wissen wir bis jetzt nicht; von dem Zooid aber werden wir einen wesentlichen Bestandtheil später chemisch näher kennen lernen.

Es ist kein Zweifel, dass alle kernhaltigen Blutkörperchen in der Weise gebaut sind, wie die Tritonenblutkörperchen. Wenn man sie mit Borsäure behandelt, so bekommt man im Wesentlichen dieselben Erscheinungen, nur mit dem Unterschiede, dass sich nur in seltenen Fällen das Zooid vollständig von dem Oekoid trennt; es ballt sich zusammen, bleibt aber mit dem Zooid in mehr oder weniger fester Verbindung.

Nach Behandlung mit kaltgesättigter Borsäurelösung hat Meisels auch an Blutkörperchen von Meerschweinchen und vom Menschen Zooid und Oekoid unterscheiden können, nur kam es nicht zur vollständigen Trennung beider, und es liess sich auch kein Kern wahrnehmen. Wenn man grössere Mengen von Wasser zum Blute hinzubringt, werden die Blutkörperchen immer blässer und blässer, während sich das Serum röthet; es geht also Blutfarbstoff in das Serum über, und von den Blutkörperchen bleibt zuletzt ein äusserst blasses, ungefärbtes Flöckchen, das Stroma zurück. Auch auf anderem Wege lassen sich die Blutkörperchen nach den Untersuchungen von Rollett so verändern, dass der Farbstoff austritt und sich in dem Serum auflöst, während das Stroma zurückbleibt. Das geschieht z. B. durch Gefrieren. Wenn man Blut gefrieren lässt, und es dann wieder aufthaut, so ist es in der Regel schon durchscheinend, oder durchsichtig wie eine Lackfarbe, oder wird es wenigstens jedesmal, wenn man dies Gefrierenlassen und Aufthauen mehrmals hinter

einander wiederholt. Wenn man es dann unter dem Mikroskope untersucht, so findet man, dass dieser lackfarbene Zustand daher rührt, dass die Blutkörperchen zerstört sind, dass sie die färbende Substanz an die umgebende Flüssigkeit abgegeben haben, und von ihnen nichts als ein kleines Flöckchen zurückgeblieben ist. Dasselbe kann man, nach den Untersuchungen von Rollett, hervorbringen, wenn man eine ganze Reihe von electrischen Schlägen hindurchsendet. Weiter kann man es dadurch erzielen, dass man das Blut möglichst vollständig entgast, indem man es unter die Luftpumpe bringt, und die Gase möglichst vollkommen auspumpt.

Wenn man zum Blute Kochsalz oder Glaubersalz, oder schwefelsaures Kali, oder phosphorsaures Natron u. s. w. hinzusetzt, so wird es dabei hellroth, und wenn man es jetzt unter das Mikroskop bringt, so findet man, dass die Blutkörperchen geschrumpft sind in Folge davon, dass die Salze, welche man zum Blute gebracht hat, den Blutkörperchen Wasser entzogen haben. Sie sind dabei theils napfförmig geworden, theils haben sie sehr unregelmässige Gestalten angenommen, indem durch das Entziehen von Wasser die Scheiben sehr dünn geworden sind, und sich in vielfache Formen verbogen haben.

Eine eigenthümliche, räthselhafte Form der kernlosen Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen ist die sogenannte Sternform. Man fand sie zuerst im Blute von Typhuskranken und glaubte, dass die veränderte Gestalt mit der Krankheit zusammenhänge. Es hat sich aber gezeigt, dass die Blutkörperchen von ganz gesunden Individuen nicht nur sternförmig werden können, sondern sehr häufig sternförmig werden. Wenn man Blut unter das Mikroskop bringen will, so dass es möglichst wenig verändert ist, macht man einen kleinen Stich in die Haut, nimmt einen Objectträger, tupft damit auf und deckt nun darüber ein Deckgläschen, ohne irgend eine Flüssigkeit hineinzubringen. Das Deckgläschen treibt den Bluttropfen auseinander, so dass die Blutkörperchen in einfacher Schicht vertheilt werden. Hat man das rasch gethan, so sieht man die Blutkörperchen in ihrer Scheibenform; hat man aber gezögert, ist das Blut der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen, so findet man sehr häufig, dass die Blutkörperchen, wie man sich ausdrückt, sternförmig geworden sind. Wenn man diesen vermeintlichen Stern mit stärkeren Vergrösserungen eines guten Mikroskops untersucht, so findet man, dass das Blutkörperchen eigentlich die Form eines Stechapfels hat, es hat seine Scheibenform verloren, und nicht nur am Rande, sondern auf seiner ganzen Oberfläche ragen Spitzen hervor, wie bei einem Stechapfel, oder wie bei den mit dem Namen der Morgensterne belegten Hiebwaffen. Bei stärkeren Vergrösserungen kann man oft sehen, dass diese Spitzen eine bedeutende Länge haben und weit in die umgebende Flüssigkeit hineinragen. Es sind für das Zustandekommen dieser Gestalt zweierlei Erklärungen gegeben worden: Erstens, dass das Ganze auf einem Krystallisationsprocesse im Innern des Blutkörperchens beruhe, und die Spitzen nichts anderes seien, als die hervorragenden Spitzen der Krystalle. Wir werden später sehen, dass sich in den Blutkörperchen in der That eine krystallisirbare Substanz befindet, und sogar die Hauptmasse des Blutkörperchens ausmacht, indessen ist die Richtigkeit dieser Erklärung doch in hohem Grade zweifelhaft, weil die oft schlanken und

fadenförmigen Fortsätze keineswegs den Eindruck von hervorragenden Krystallspitzen machen. Von anderer Seite wird angenommen, es sei das Ganze eine Contractionserscheinung, es contrahire sich etwas in dem Blutkörperchen, und in Folge davon würden die Spitzen hervorgetrieben. Auch für diese Annahme fehlt der Beweis; indessen muss ich bemerken, dass man an Tritonenblutkörperchen, die man ohne jeden Zusatz von irgend einem Reagens beobachtet, oft eigenthümliche Formveränderungen vorfindet, die man versucht ist, von einer Zusammenziehung des Zooids herzuleiten, bei welcher sich dasselbe nicht wie auf Borsäurezusatz aus seiner innigen Verbindung mit dem Oekoid löst.

Die mikroskopische Untersuchung des Blutes kann von forensischer Wichtigkeit werden, indem es sich darum handelt, erstens zu constatiren, ob Blut vorhanden sei, und zweitens zu constatiren, ob es Menschenblut sei, wo nicht, von welchem Thiere es herrühren könne. Wenn das frische Blut als solches vorliegt, so bietet die Untersuchung keine Schwierigkeiten. Das ist aber in der Regel nicht der Fall. In der Regel liegt uns eingetrocknetes Blut vor, und es handelt sich darum, wie man dieses Blut so aufweichen soll, dass man die Blutkörperchen noch erkennen kann. Wenn man es in Wasser aufweicht, so werden sie vollständig zerstört. Man hat andere Flüssigkeiten vorgeschlagen, die, wenn man das Aufweichen unter dem Mikroskope vornimmt, wenn man z. B. einen Faden, an dem die Blutkörperchen hängen, mit der Flüssigkeit unter dem Mikroskop in Berührung bringt, bessere Dienste leisten als das Wasser. Dazu sind vorgeschlagen worden eine concentrirte Lösung von arseniger Säure, dann Schwefelsäure, die bis zu einem gewissen Grade verdünnt worden ist. Das beste von diesen Hilfsmitteln hat aber Virchow angegeben. Es ist eine concentrirte Lösung von Aetzkali. Das Aetzkali zerstört zwar die Blutkörperchen, aber indem sich erst ein Kalialbuminat bildet, das wir später kennen lernen werden, quellen die Blutkörperchen in der Aetzkalilösung auf, ohne sich darin aufzulösen, sie bekommen ihre Farbe wieder und nehmen, wenn auch nicht ganz, doch wenigstens ungefähr und in einzelnen Exemplaren ihre frühere Gestalt an. Auf diese Weise kann man unterscheiden, ob Blutkörperchen überhaupt vorhanden sind, ob scheibenförmige kernlose oder elliptische kernlose, oder ob elliptische kernhaltige Blutkörperchen vorhanden sind. Auch über die Grösse der Blutkörperchen bekommt man zwar keinen genauen, aber doch einen ungefähren Aufschluss. Wenn es sich indessen darum handelt zu entscheiden, ob das Blutkörperchen vom Menschen herrührt oder nicht, dann brauchen wir über die Grösse desselben einen genaueren Aufschluss, den wir nur durch Messen erlangen können. Die grössten Blutkörperchen haben die Amphibien, und unter ihnen nach Riddel Amphiuma tridactylum. Siren lacertina hat Blutkörperchen von $\frac{1}{16}$ Mm. Länge und $\frac{1}{30}$ Mm. Breite. Die des Proteus anguineus, des Molchs der Adelsberger Grotte, haben $\frac{1}{18}$ Mm. Länge und $\frac{1}{44}$ Mm. Breite. Grosse Blutkörperchen haben auch Cryptobranchus Japonicus ($\frac{1}{19}$ Mm. Länge und $\frac{1}{32}$ Mm. Breite), und das Axolotl ($\frac{1}{25}$ Mm. Länge und $\frac{1}{45}$ Mm. Breite). Milne Edwards hat in seinen Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée alle Maasse von Blutkörpern verschiedener Thiere, so weit sie bekannt sind, zusammengestellt. Die Blutkörper unseres Wasserfrosches, Rana esculenta, haben $\frac{1}{45}$ Mm. Länge und $\frac{1}{66}$ Mm. Breite. Aehnlich grosse Blutkörper

wie die Amphibien haben die Haie und die Rochen, dann folgen die Reptilien, dann die Knochenfische und die Vögel. Bei den Säugethieren sind die Blutkörperchen viel kleiner. Die des Elephanten haben einen Durchmesser von $\frac{1}{108}$ Mm., die von Balaena boops einen Durchmesser von $\frac{1}{122}$ Mm. Ihre Grösse steht im Allgemeinen in keinem Zusammenhange mit der Grösse des Thieres. Nur innerhalb der einzelnen Gruppen steht die Grösse der Blutkörperchen in einem gewissen Zusammenhange mit der Grösse der einzelnen Genera und Species. So haben z. B. die Wiederkäuer im Allgemeinen kleine Blutkörperchen, so dass z. B. die Blutkörperchen eines Ochsen kleiner sind, als die eines Hundes; aber unter den Wiederkäuern hat der kleinste Wiederkäuer, Moschus Javanicus, die kleinsten Blutkörperchen: von ihnen würden 483, der Reihe nach nebeneinandergelegt, erst einen Millimeter ausmachen.

Die menschlichen Blutkörperchen haben nach Milne Edwards im Mittel $\frac{1}{126}$ Mm. im Durchmesser, während Welker dieses Mittel um ein Geringes kleiner, nämlich zu 0,0077 Mm. angibt. Sie sind im frischen Zustande von den Blutkörperchen aller Haussäugethiere durch Messung zu unterscheiden, weil diese sämmtlich kleinere Blutkörperchen haben. Die grössten hat unter ihnen der Hund mit $\frac{1}{139}$ Mm., die kleinsten die Ziege mit $\frac{1}{253}$ Mm. bis $\frac{1}{250}$ Mm., demnächst das Schaf mit $\frac{1}{209}$ Mm. Die Blutkörper des Rindes messen $\frac{1}{180}$ bis $\frac{1}{168}$ Mm., die des Pferdes $\frac{1}{181}$ Mm. und die des Schweines $\frac{1}{166}$ Mm. Auch die bei uns jagdbaren Säugethiere haben sämmtlich kleinere Blutkörperchen als der Mensch. Nur im Norden von Europa ist ein Thier jagdbar, das nahezu ebenso grosse Blutkörperchen besitzt, wie der Mensch, der gemeine Seehund, Phoca vitulina. Für seine Blutkörper wird $\frac{1}{129}$ als Durchmesser angegeben.

Nachdem das Blut einmal eingetrocknet ist, ist es meistens unmöglich, die Blutkörper zu messen, und somit auch unmöglich, zu sagen, ob das Blut vom Menschen herrühre oder nicht. Man hat vorgeschlagen, an dem eingetrockneten Blute die Blutkörperchen zu messen und einen Schrumpfungscoefficienten in Rechnung zu bringen. Bei dem praktischen Ernst der medicinisch-gerichtlichen Fragen ist aber ein solches Verfahren gänzlich zu verwerfen. Die Blutkörper verschrumpfen so unregelmässig, dass man beim Messen gar nicht weiss, welchen Durchmesser der geschrumpften Blutkörperchen man als den richtigen ansehen soll. Es gibt nur einen einzigen Fall, wo Blutkörperchen im eingetrockneten Zustande noch in der Weise gemessen werden können, dass man aus ihnen den Beweis herleiten kann, dass das Blut vom Menschen und nicht von einem Haussäugethiere herrühre. Dieser einzige Fall tritt ein, wenn das Blut auf einer glatten durchsichtigen Unterlage, auf Glas, in dünner Schichte angetrocknet ist. Da lehrt nämlich die Erfahrung, dass die Blutkörperchen sich flach an das Glas ankleben und nun eintrocknen, indem sie nur in ihrem kleinen Durchmesser, in ihrem Dickendurchmesser schwinden, dass sie dagegen ihren grossen Durchmesser behalten. Wenn man also Gelegenheit hat, eine Reihe solcher Blutkörperchen durchzumessen, so wird man bei ihnen, wenn sie vom Menschen herrühren, im Mittel einen Durchmesser von $\frac{1}{126}$ Mm. finden, und da bei keinem einzigen Haussäugethiere die Blutkörperchen im Mittel einen solchen Durchmesser haben, so kann man in diesem einzigen Falle sagen, dass das Blut vom Menschen und nicht von einem Haussäugethiere herrühre.

Das Messen der Blutkörper.

Das Messen der Blutkörperchen kann auf zweierlei Weise geschehen: mit dem Schraubenmikrometer und mit dem Glasmikrometer. Alle Messungen mit dem zusammengesetzten Mikroskop beruhen darauf, dass ein umgekehrtes Bild vom Object erzeugt wird in einer Ebene innerhalb des Oculars, welche durch eine Blendung, die hier angebracht ist, gekennzeichnet ist. Die Messung mit dem Schraubenmikrometer wird so angestellt, dass man in dieser Blendung ein Fadenkreuz von Spinnweb anbringt, welches man dann durch die Ocularlinse deutlich sieht. In derselben Ebene, in welcher dieses Fadenkreuz von Spinnweb liegt, liegt auch das umgekehrte Luftbild, so dass man gleichzeitig das Fadenkreuz und das umgekehrte Luftbild sieht. Das Schraubenmikrometer besteht nun in einem Schlitten, auf dem der Objectträger mit dem Objecte ruht, und der durch eine feine Schraube bewegt wird, deren Kopf in Grade eingetheilt und mit einem Nonius versehen ist. Nachdem man das Ocular so gedreht hat, dass der Schlitten sich dem einen Schenkel des Fadenkreuzes parallel und gegen den andern senkrecht bewegt, legt man auf den Schlitten eine feine Glastheilung, z. B. eine solche, in der ein Millimeter in 100 Theile getheilt ist, und richtet sie so, dass die Theilstriche dem Schenkel des Fadenkreuzes parallel sind, gegen den sich der Schlitten senkrecht bewegt. Dann schraubt man sie durchs Sehfeld, und ermittelt auf diese Weise, welche Drehung der Schraube dazu gehört, um sie um je 0,01 Mm. weiter zu bringen. Dann setzt man an ihre Stelle das Object, treibt es mittelst der Schrauben bis hart an den Faden, liest am Schraubenkopf die Stellung der Schraube ab, schraubt weiter, bis es den Faden vollständig passirt hat, und liest wieder ab.

Da der Werth der Schraubengänge vorher empirisch ermittelt worden ist, so hat man hiemit unmittelbar den Durchmesser des Blutkörperchens. Diese Art des Messens wird heutzutage wenig angewendet, und zwar aus verschiedenen Gründen: Erstens weil ein gutes Schraubenmikrometer ein relativ theures Instrument ist, zweitens weil es leicht leidet, und endlich weil es eine sichere Aufstellung des Mikroskopes verlangt, die eben in grossen Städten nicht überall zu finden ist. Man arbeitet jetzt meistens mit dem Glasmikrometer. Das Glasmikrometer besteht in einer kleinen Glasplatte, auf der eine beliebige Theilung eingeritzt ist. Diese Glasplatte legt man mit der Theilung nach unten auf die Blendung. Es liegt dann die Theilung in derselben Ebene mit dem zu projicirenden Luftbilde. Durch die Ocularlinse werden also die Theilung und das Luftbild gleichzeitig deutlich gesehen. Wenn man sich nun auf Messungen mit dem Glasmikrometer einrichten will, so legt man zuerst als Object unter das Mikroskop ein Glas, auf dem ein Millimeter in hundert Theile getheilt ist, dann hat man von diesem im ganzen Sehfelde ein stark vergrössertes Bild. Das Bild dieser Theilung ist nicht allein durch die Ocularlinse, sondern auch durch die ganzen Objectivlinsen vergrössert. Das Mikrometer aber, welches im Ocular liegt, ist nur vergrössert durch die Ocularlinse. Beide Bilder projiciren sich auf einander, und wenn man durch Drehen des Oculars die Striche beider Theilungen parallel macht, kann man auszählen, wie viel Intervalle, wie

viel Theilstriche des Ocularmikrometers auf einen Zwischenraum zwischen zwei Theilstrichen des Bildes kommen, das von der auf dem Objecttische liegenden Theilung herrührt. In dieser betrug der Abstand der Theilstriche 0,01 Mm. Nehmen wir an, wir fänden beim Auszählen die Zahl 6, so ist der Werth des Theilstriches im Ocular $\frac{1}{600}$ Mm. In dieser Weise werthet man sein Ocularmikrometer mit allen verschiedenen Objectiven aus, welche dem Mikroskope beiliegen, und macht darüber eine Tabelle. Dann misst man später das Object einfach dadurch, dass man auszählt, wie viel Intervalle es von dem Ocularmikrometer einnimmt, und findet aus der Tabelle den Werth des gesuchten Durchmessers. Das Glasmikrometer hat den grossen Vortheil, dass, wenn man einmal die Tabelle gemacht und die Intervalle in Bezug auf ihre Gleichwerthigkeit untersucht hat, das Messen selbst viel rascher und einfacher vor sich geht, als mit dem Schraubenmikrometer. Zweitens hat es den Vortheil, dass dazu keine besonders feste Aufstellung des Mikroskopes gehört, und endlich hat es den Vortheil, dass ein solches Glasmikrometer niemals in Unordnung kommt, wenn es einmal in allen seinen Theilen controlirt ist. Wenn man sich einmal eine vollständige Tabelle darüber gemacht hat, bleibt es natürlich ein- für allemal brauchbar und gut.

Gerinnung des Blutes.

Wir wollen vorläufig von den farblosen Blutkörperchen, die wir als Lymphkörperchen noch bei der Lymphe abhandeln werden, absehen, und wollen direct zum Blute als Ganzem und zu seinen Eigenschaften übergehen. Wenn das Blut aus der Ader gelassen worden ist, so gerinnt es und zwar in der Regel in zwei bis zehn Minuten. Das geht so vor sich, dass zuerst an der Wand des Gefässes und an der Oberfläche desselben, dann durch die ganze Masse der Flüssigkeit das Blut anfängt gelatinös zu werden, und sich in verhältnissmässig kurzer Zeit in eine compacte Gallerte verwandelt. In diesem Zustande bleibt es einige Zeit, dann fängt aber die gallertartige Masse an sich zusammenzuziehen, und aus ihrem Innern eine gelbe oder röthliche Flüssigkeit auszustossen. Das Gerinnen, das Gallertartigwerden des Blutes, tritt nach Boll bei ganz jungen Embryonen nicht ein. Bei Hühnerembryonen erst, wenn sie 13 bis 17 Tage alt sind. Es beruht darauf, dass in dem Blute ein Eiweisskörper in den festen Zustand übergeht. Dieser Eiweisskörper ist das sogenannte Fibrin oder der Faserstoff. Dieser wenig passende Name rührt theils von der Vorstellung her, dass der Faserstoff die Grundlage der faserigen Gewebe des Körpers sei, theils rührt er von der Gestalt her, unter welcher man den Faserstoff isolirt. Man schlägt das Blut mit einem Stabe ehe es geronnen ist, dann hängen sich an den Stab lauter fadenförmige Gebilde an, die aus diesem festwerdenden Eiweisskörper bestehen, und zwar so lange, bis sich derselbe vollständig ausgeschieden hat. Magendie nannte die hier gerinnende Substanz Coaguline, weil sie freiwillig, schon bei gewöhnlicher Temperatur gerinnt, während sich, wie wir später sehen werden, das Eiweiss des Blutes erst bei einer höheren Temperatur ausscheidet. Dieser Name ist aber nicht durchgedrungen, sondern der ältere ist allgemein beibehalten worden. Der Faserstoff, indem er gerinnt, schliesst die Blutkörperchen ein: später fängt er an sich zusammenzu-

ziehen. Das kann natürlich nur geschehen, indem zugleich eine Flüssigkeit ausgepresst wird. Diese Flüssigkeit, welche nun den sogenannten Blutkuchen oder das Crassamentum sanguinis umspült, bezeichnet man mit dem Namen des Serum sanguinis. Wir haben im lebenden Blute unterschieden die Flüssigkeit des Blutes, das Blutplasma, und die Blutkörperchen, die geformten Theile im Blute. Jetzt hat sich aus dem Plasma ein Eiweisskörper ausgeschieden, und dieser hat, indem er die Blutkörperchen und die Flüssigkeit einschloss, das Blut gallertartig gemacht. Aus dieser Gallerte tritt nun wiederum eine Flüssigkeit aus, das Blutserum. Dieses Blutserum ist also nichts anderes als die ursprüngliche Flüssigkeit, das Blutplasma, aus dem sich der Faserstoff, das Fibrin, ausgeschieden hat. Das Blutplasma ist also Blut minus Blutkörperchen, und das Blutserum ist Blutplasma minus Fibrin, während der Blutkuchen, das crassamentum, das ganze Fibrin, ferner fast alle Blutkörperchen und ausserdem eine grössere oder geringere Menge von Serum enthält, das, in seinem Innern eingeschlossen, noch nicht ausgestossen ist.

Es lässt sich leicht nachweisen, dass die Zusammenziehung des Blutkuchens und die Ausstossung des Serums vom Fibrin ausgeht. Wenn Blut langsam gerinnt, wie dies beim menschlichen Blute in Entzündungskrankheiten, beim Pferdeblute auch im normalen Zustande der Fall ist, so haben die Blutkörperchen, die specifisch schwerer sind als das Blutplasma, Zeit sich zu senken: es entsteht dadurch oben eine Schicht, die frei von Blutkörperchen ist, während zu unterst eine Schicht entsteht, die überaus reich an Blutkörperchen ist. Nun gerinnt das Blut. Die klare Schicht von Plasma, welche oben steht, verwandelt sich dadurch in eine verhältnissmässig resistente durchscheinende Schicht von gelbweisslicher Farbe, welcher man den Namen der Speckhaut gegeben hat wegen ihres Ansehens, den Namen crusta phlogistica, weil sie beim Menschenblute namentlich in Entzündungskrankheiten vorkommt. Wenn sich ein solcher mit einer Speckhaut bedeckter Blutkuchen zusammenzieht, so bemerkt man, dass er sich oben, soweit die crusta phlogistica reicht, stärker contrahirt, und dass er sich nach unten verbreitert, ferner, dass seine Oberfläche concav wird, ihr Rand sich erhebt oder vielmehr die Mitte sich vertieft. Das zeigt, dass es das Fibrin ist, welches sich zusammenzieht, denn oben, wo viel Plasma war, wo sich also viel Fibrin ausgeschieden hat, ist die Zusammenziehung am stärksten, unten, wo der grösste Raum von Blutkörperchen eingenommen war, wo wenig Plasma war, also auch wenig Fibrin zur Ausscheidung kam, ist die Zusammenziehung am schwächsten. Damit hängt es auch zusammen, dass im Blute, welches viel Fibrin ausscheidet, sich der Blutkuchen stark zusammenzieht. Das Serum ist dabei klar, weil die Blutkörperchen von der Menge des Fibrins fest eingeschlossen sind. Scheidet sich wenig Fibrin aus, so zieht sich der Blutkuchen wenig zusammen, und nur eine geringe Menge Serum tritt aus. Dasselbe ist von zahlreichen Blutkörperchen rothgefärbt, weil die geringe Menge von Fibrin nicht im Stande ist, diese im Blutkuchen fest zusammenzuhalten.

Es tritt nun an uns die Frage heran: Wann und unter welchen Umständen gerinnt das Blut und was ist die Ursache der Gerinnung. Die ersten Beobachtungen über Gerinnung des Blutes wurden am Blute des Menschen und der Säugethiere gemacht. Wenn solches Blut aus der

Ader gelassen wird, so kommt es erstens in eine andere Temperatur, es kühlt sich ab, zweitens kommt es zur Ruhe und drittens kommt es mit der atmosphärischen Luft in Berührung. Man war also der Ueberzeugung, dass es einer dieser drei Einflüsse sein müsse, welcher das Blut gerinnen macht. Dass es die Temperaturerniedrigung nicht sei, das musste klar werden, nachdem man bemerkt hatte, dass auch das Blut von kaltblütigen Thieren gerinnt, das sich doch nicht wesentlich abkühlt. Ueberdies zeigte Hewson, dem wir für seine Zeit bei weitem die besten und vollständigsten Untersuchungen über das Blut verdanken, dass frischgelassenes Blut nach Gefrieren und Wiederaufthauen noch flüssig ist und später in normaler Weise gerinnt. Er zeigte ferner, dass, wenn man das frische Blut bei einer Temperatur von 37 bis 38° erhält, also bei der Temperatur des menschlichen Körpers, es dann nicht nur nicht flüssig bleibt, sondern dass es vielmehr schneller gerinnt als bei gewöhnlicher Zimmerwärme. Es bezog sich diese Beobachtung zunächst auf das ganze Blut, und auf Blut, das bereits aus der Ader gelassen und in einem Gefässe aufgefangen war. Doch sah er auch in einer Vene abgebundenes und darin flüssig gebliebenes Blut von einem Hunde in einem Wasserbade von 125° Fahrenheit gerinnen. Léon Fredericq hat in neuerer Zeit gefunden, dass man reines Pferdeplasma in einer Pferdevene langsam bis auf 56° erwärmen kann, ohne dass es sofort gerinnt, und dass es dann, wenn man diese Temperatur überschreitet, einen Eiweisskörper in Flocken ausscheidet. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit gerinnt nun überhaupt nicht mehr spontan, lässt aber bei weiterem Erhitzen über 67° C. ihr Eiweiss in den unlöslichen Zustand übergehen. Schon früher war, wie auch Léon Fredericq angibt, Hammarsten diese plötzliche Ausscheidung bei 56° bekannt gewesen. Auch schon bei etwas niedrigerer Temperatur, etwa bei 52° C., sah letzterer sie erfolgen, was an die oben erwähnte Beobachtung von Hewson erinnert. Es ist behauptet worden, dass das Blut bei Temperaturen, die dem Nullpunkte nahe sind, überhaupt nicht gerinne. Das ist nicht richtig, es gerinnt, aber meist unvollständig und ausserordentlich viel langsamer, als dies bei höheren Temperaturen der Fall ist. Wegen dieser langsamen Gerinnung, bei der sich zuerst nur an den Wänden und an der Oberfläche ein dünnes Coagulum ausscheidet, was mit grosser Langsamkeit gegen die Tiefe hin wächst, hat man sich wahrscheinlich in den Irrthum führen lassen.

So viel ist also jedenfalls gewiss, dass das Gerinnen des Blutes nicht von der Abkühlung herrührt.

Der zweite Punkt war: Das Blut kommt zur Ruhe. Auch das ist die Ursache der Gerinnung nicht. Wenn man Blut in Bewegung erhält, so bleibt es dadurch nicht flüssig, sondern im Gegentheil, wenn man es rührt, wenn man es schlägt, so legen sich mit grosser Geschwindigkeit die Fäden und Flocken des sich ausscheidenden Fibrins an den Stab, mit dem man eben schlägt, an. Andererseits kann man Blut längere Zeit in vollkommener Ruhe flüssig halten, wenn man es in den Gefässen des Thieres lässt. Hewson fand einmal noch nach 13 Stunden einen Theil des Blutes im Herzen eines Hundes flüssig. Ich selbst habe in den Gefässen eines erstickten Hundes noch $6\frac{1}{2}$ Stunden, und bei einem andern noch $7\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Tode das ganze Blut flüssig gefunden. Bei kaltblütigen Thieren kann man das Blut noch viel länger flüssig erhalten,

wenn man es innerhalb der Gefässe oder innerhalb des Herzens lässt. Das Blut von Schildkröten bleibt in dem unterbundenen Herzen je nach der Temperatur 24, 48 Stunden, ja bei einer Temperatur nahe dem Nullpunkte sogar 7 bis 8 Tage lang flüssig.

Es kommt also nun das dritte Moment, der Zutritt von atmosphärischer Luft. Da hat man zunächst gemeint, es sei der Sauerstoff der Luft, welcher das Blut gerinnen macht. Es ist allerdings wahr, dass Blut, welches man unter verschiedenen Einflüssen hat venös werden lassen, häufig sehr langsam gerinnt, aber es gerinnt doch. Dass der atmosphärische Sauerstoff nicht nöthig ist, um das Blut gerinnen zu machen, davon kann man sich durch folgenden, sehr einfachen Versuch überzeugen. Man stürzt einen Cylinder in Quecksilber so um, dass er mit Quecksilber ganz erfüllt ist; man bindet jetzt in die durchschnittene Jugularvene eines Hundes, nachdem man oberhalb comprimirt hat, eine Glasröhre ein, und verbindet diese Glasröhre mit einem Kautschukschlauch. Man wartet, bis das Blut aus dem Kautschukschlauch herausspritzt, damit gewiss alle atmosphärische Luft ausgetrieben ist. Dann taucht man das Ende unter das Quecksilber und leitet es unter den umgestürzten Cylinder. Das Blut tritt hinein, und nachdem sich etwa der halbe Cylinder mit Blut gefüllt hat, nimmt man den Schlauch wieder weg. Jetzt müsste dieses Blut nicht gerinnen; denn es ist ja mit der atmosphärischen Luft auf keine Weise in Berührung gekommen: nichtsdestoweniger gerinnt es ganz in der gewöhnlichen Weise, und auch nicht ungewöhnlich langsam; denn wenn die Gerinnung besonders langsam vor sich ginge, müssten die Blutkörperchen Zeit haben, sich zu senken, es würde sich oben eine klare Plasmaschicht bilden, die sich beim Gerinnen in eine Speckhaut verwandelte. Davon aber ist durchaus nichts zu sehen.

Dieser Versuch zeigt zugleich, dass das Gerinnen nicht vom Entweichen von Kohlensäure herrührt, wie Scudamore glaubte, oder vom Entweichen von Ammoniak, wie Richardson meint.

Ich habe weiter in das Gefässsystem einer lebenden Schildkröte eine gute Quantität atmosphärischer Luft eingeblasen. — Säugethiere gehen dabei bekanntlich sofort zu Grunde, indem die Luftblasen die Capillaren der Lunge verstopfen und augenblicklich Erstickungstod eintritt. Schildkröten sind diesem plötzlichen Erstickungstode nicht ausgesetzt, und ausserdem überdauern die Lebenseigenschaften in den Geweben das Leben des Individuums sehr lange. Man kann deshalb auch dergleichen Versuche mit ihnen anstellen. Das ganze Blut war schaumig und hellroth, aber es gerann nicht, sondern blieb in den Gefässen flüssig. Wenn also auch anerkannt werden muss, dass arterielles Blut im Grossen und Ganzen schneller gerinnt als venöses, so ist es doch nicht richtig, dass der atmosphärische Sauerstoff das gerinnenmachende Moment für Aderlass- oder irgend welches andere Blut sei, das man aus dem Körper herausgelassen hat.

Ich habe noch einen anderen Versuch angestellt. Wenn man das Blut einer Schildkröte aus dem Herzen herausnimmt, so kann man es eine Viertelstunde lang an der atmosphärischen Luft flüssig erhalten, wenn man es dadurch vor dem Gerinnen schützt, dass man es in eine niedere Temperatur, in eine Kältemischung bringt. Solches Blut habe ich mittelst eines Glasrohres und eines langen Trichters wieder in das Herz zurückgeführt und das Herz zugebunden. Ich fand nach $5\frac{1}{2}$ Stunden das Blut

in dem Herzen noch flüssig, und erst nachdem es heraus gelassen war, gerann es langsam, aber vollständig. Es ist also klar, dass keiner der besprochenen Einflüsse das Gerinnen hervorruft. Andererseits hat es sich aber bei diesen Versuchen so wiederholt gezeigt, dass das Blut flüssig bleibt, wenn es sich im lebenden Herzen oder in den lebenden Gefässen befindet, und dass es unter allen Umständen gerinnt, wenn es aus denselben herausgenommen wird, dass wir auf diesen Einfluss der lebenden Gefässwand unsere Aufmerksamkeit näher richten müssen. Aus dem Herzen der Schildkröte kommt eine Reihe von grossen Gefässstämmen. Ich habe nun diese abwechselnd theils einfach unterbunden, so dass sie mit Blut gefüllt waren, theils vorher kleine Glasröhren hineingebracht, denen sich die Gefässwand unmittelbar anlegte, so dass das Blut zunächst mit der Glasröhre in Contact war, nicht mit der Gefässwand selbst. Es hat sich immer und unter allen Umständen gezeigt, dass da, wo Glasröhren eingeschoben waren, das Blut gerann, dass es aber flüssig blieb, wo es direct mit der Gefässwand in Berührung war. Da diese Versuche mit dem Herzen und mit den Gefässen in ganz ähnlicher Weise auch an anderen Reptilien angestellt werden können, und nicht nur mit Arterien, sondern auch mit Venen, so ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass der Einfluss der lebenden Gefässe und des lebenden Herzens das Gerinnen verhindert, und dass das Gerinnen eintritt, wenn dieser Einfluss aufhört. Man hat gemeint, dass es ein Einfluss sei, der vom Centralnervensysteme ausgehe, aber es zeigt sich, dass dem nicht so ist: denn man kann diese Versuche noch an ausgeschnittenen Herzen und an ausgeschnittenen Gefässen anstellen. Es fragt sich weiter, ob auch die Lymphgefässe ein ähnliches Vermögen besitzen, das Blut flüssig zu erhalten. Bei den Schildkröten geht die Aorta durch einen grossen Lymphsack; man kann sie hier anschneiden und eine Blutung in den Lymphsack hinein veranlassen. Nachdem ich dies bei einer Emys europaea gethan hatte, schnitt ich ihr das Herz aus, nachdem ich die grossen Arterien und Venen unterbunden hatte. Dann liess ich das Thier $7\frac{1}{2}$ Stunden lang bei einer Temperatur von 20^0 C. liegen. Nach dieser Zeit war das Blut noch flüssig. Dieser Versuch gab bei mehrmaliger Wiederholung immer dasselbe Resultat.

Wenn ich dagegen eine Staarnadel in das Pericardium einer Emys europaea brachte und das Herz anstach, so dass das Blut in den Herzbeutel floss, so gerann es darin innerhalb der ersten Stunde.

Nachdem diese Erfahrungen gemacht waren, handelte es sich darum, ob bei den warmblütigen Thieren die Verhältnisse dieselben sind. Wenn man untersucht, wie lange Blut in getödteten Säugethieren und Vögeln flüssig bleibt, so findet man, dass es hier nach dem Tode des Individuums viel früher gerinnt, als in den kaltblütigen, namentlich als in den Amphibien und Reptilien. Man muss sich dabei aber zweierlei vor Augen halten. Erstens, dass die Temperatur der warmblütigen Thiere eine viel höhere ist, und dass die höhere Temperatur das Gerinnen beschleunigt, zweitens muss man sich gegenwärtig halten, dass die Gewebe der warmblütigen Thiere nach dem Tode viel früher ihre Lebenseigenschaften verlieren, als dies bei den kaltblütigen der Fall ist. Das ausgeschnittene Herz eines Säugethieres kann im günstigsten Falle noch einige Stunden lang schwache und partielle Contractionen zeigen, während ein aus-

geschnittenes Schildkröten- oder Froschherz Tage lang fortpulsirt. Die Lebenseigenschaften der kaltblütigen Thiere dauern aber in den Geweben auch nicht so lange, wenn man dieselben einer höheren Temperatur aussetzt. Ich habe deshalb solche Versuche mit den Herzen von Schildkröten in Brütöfen bei einer Temperatur von 36⁰ gemacht und gesehen, dass man hier auch das Blut in ihnen nur etwa 12 Stunden flüssig erhält, also bei weitem nicht so lange, als man es flüssig erhalten kann, wenn man das Schildkrötenherz in der gewöhnlichen Zimmertemperatur lässt, oder wenn man es gar in eine niedere Temperatur bringt, denn Sie erinnern sich, dass bei einer Temperatur von nahe 0⁰ das Blut im Schildkrötenherzen 7 bis 8 Tage lang flüssig bleibt.

Es lässt sich nun in der That zeigen, dass auch das Blut von Säugethieren innerhalb der lebenden Gefässe und des lebenden Herzens flüssig erhalten werden kann. Der Igel, Erinaceus europaeus, gehört zu denjenigen Säugethieren, bei welchen die Lebenseigenschaften der Gewebe verhältnissmässig lange nach dem Tode dauern. Ich habe das frisch ausgeschnittene und unterbundene Herz eines Igels unter einer Glocke aufgehängt, nach $4\frac{1}{2}$ Stunden untersucht, und habe gefunden, dass der grösste Theil des Blutes noch flüssig war; etwa zwei Dritttheile waren flüssig und etwa ein Drittel geronnen, und zwar begann das Gerinnsel in der Arteria pulmonalis und erstreckte sich von da in den Ventrikel. Das Herz hatte noch schwache Contractionen durch etwa 3 Stunden gezeigt, und es war mittelst des Magnetelectromotors noch Reizbarkeit im rechten Vorhofe, und, wenn auch sehr schwach, im rechten Ventrikel nachweisbar. Ebenso habe ich das Blut von Kätzchen $3\frac{1}{2}$ und 4 Stunden lang flüssig erhalten. Bei neugebornen Thieren dauern auch die Lebenseigenschaften der Gewebe nach dem Tode länger als bei Erwachsenen. Ich habe auch versucht, Säugethierblut in Schildkrötenherzen zu bringen und es darin flüssig zu erhalten, aber letzteres ist mir nicht gelungen.

Im Allgemeinen kann man wohl sagen, dass das Blut der Säugethiere mehr Neigung hat zu gerinnen als das Blut der kaltblütigen Thiere, da bei den kaltblütigen Thieren das Flüssigbleiben des Blutes die Reizbarkeit des Herzens oft noch überdauert, während bei den warmblütigen Thieren noch Spuren von Reizbarkeit zurück sind, wenn das Blut bereits anfängt zu gerinnen. Ich habe übrigens bei einem Kätzchen doch auch gesehen, dass das Blut noch flüssig war, während das Herz bereits so lange aufgehört hatte zu schlagen, dass sich alle Blutkörperchen in den Ventrikel gesenkt hatten und der Vorhof mit klarem blutkörperchenfreiem Plasma gefüllt war.

Da diese Versuche am ausgeschnittenen Herzen angestellt werden können, so ist es nicht der Einfluss des Centralnervensystems, welcher das Blut flüssig erhält, sondern ein localer Einfluss, der vom Herzen selber ausgeht. Auch für die Gefässe lässt sich dies nachweisen. Ich habe Hunde erstickt und sie dann einfach liegen lassen, andere Hunde habe ich auf dieselbe Weise erstickt, und habe dann mit möglichster Vermeidung von Blutung das Centralnervensystem zerstört. In beiden Fällen ist das Blut im Mittel immer gleich lange nach dem Tode flüssig geblieben. Wäre der Einfluss vom Centralnervensysteme ausgegangen, so hätte das Blut in denjenigen Thieren, in welchen dieses zerstört war, früher gerinnen müssen.

Wie verhält es sich denn mit dem Gerinnen des Blutes innerhalb des lebenden Körpers? Wir sehen ja das Blut innerhalb des lebenden Körpers, innerhalb der Gefässe gerinnen, da wo diese unterbunden worden sind. Darauf beruht ja doch die Thrombusbildung. Zweitens sehen wir unter gewissen Umständen, freilich immer nur an erkrankten Gefässen und da, wo die innere Oberfläche der Gefässe verändert ist, fibrinöse Auflagerungen selbst aus dem sich bewegenden Blut sich ausscheiden.

Was die Thrombusbildung anlangt, so kann man sich dieselbe so erklären, dass man sagt: Es ist für das Säugethierblut nothwendig, dass es, damit es längere Zeit flüssig bleibe, immer von Neuem und mit neuen Partien der Gefässwand in Berührung komme: wenn es stagnirt und also immer nur dieselbe Partie mit demselben Stücke der Gefässwand in Contact bleibt, wird der Einfluss der letzteren zu schwach und das Blut gerinnt. Man muss aber noch ein zweites Moment in Betracht ziehen, man muss in Betracht ziehen, dass die Gefässwand durch das kreisende Blut ernährt und in ihren normalen Eigenschaften erhalten wird. Wenn in einer Partie des Gefässsystems die Circulation aufhört, hört auch die normale Ernährung der Gefässwand auf. Dies kann wohl von Einfluss sein, da die Gerinnung verhältnissmässig langsam erfolgt und der Thrombus erst nach 36 bis 48 Stunden fertig gebildet ist, wenn auch die Gerinnung schon bedeutend früher begonnen hat. Es sind in der That wesentliche Anzeichen vorhanden, dass gerade diese secundäre Wirkung in sehr hohem Grade in Betracht kommt, dass es wesentlich die Veränderung der Gefässwand ist, welche es macht, dass das Blut in dem unterbundenen Gefässe gerinnt. Wenn ausgedehnte Entzündungen entstehen, in Folge welcher die Circulation in hohem Grade behindert wird, so gerinnt das Blut doch niemals in den Partien, in denen es stagnirt, bis nicht der Uebergang in Brand erfolgt oder erfolgen will. Ferner sieht man bei unterbundenen Gefässen das Coagulum immer von der durch die Ligatur gequetschten Partie der Arterie ausgehen. Man kann deutlich verfolgen und hat deutlich verfolgt, dass jeder Thrombus hier beginnt und dann nach aufwärts wächst, bis er die Stelle erreicht hat, wo der nächste Seitenast abgeht. Einen sehr interessanten Fall hat einmal der italienische Chirurg Notta beobachtet. Er fand bei der Obduction eines Operirten, dem eine Cruralis unterbunden war, dass ein ganz kleines Gefäss nahe über der Unterbindungsstelle abging. Hier hatte sich kein Thrombus in der gewöhnlichen Weise gebildet. Er begann allerdings an der Ligaturstelle und reichte bis zu der Stelle, an welcher der kleine Seitenast entsprang; dann aber lief er in einen cylindrischen Faden aus, der in der Cruralis bis zum Abgehen des nächsten grösseren Astes hinaufreichte. Hier hatte offenbar durch diesen kleinen Ast ein Rest von Circulation stattgefunden, das Blut hatte sich, wenn auch langsam, noch bewegt und dadurch, sei es durch den wechselnden Contact als solchen, sei es dadurch, dass diese Theile der Gefässwand noch in normaler Weise ernährt wurden, war die Gerinnung an den Wänden verhütet, während sie in der Mitte sich fortgesetzt hatte.

Was die Auflagerung von Fibrin auf erkrankte Gefässstellen anlangt, so muss man sie nach denjenigen Versuchen beurtheilen, bei welchen Blut geronnen ist, weil man eine Glasröhre in das Gefäss hineingeschoben hat, wie wir das früher gesehen haben, oder bei denen Blut geronnen

ist zwischen Quecksilbertropfen, welche man in das Herz eines Thieres hat hineinlaufen lassen, oder, wo das Blut geronnen ist um einen zusammengewickelten Platindraht, den man in ein Gefäss hineingeschoben hat. In allen diesen Fällen ist das Blut geronnen, weil es mit einem fremden Körper statt mit der Gefässwand in Contact war, und so verhält es sich auch mit der erkrankten Gefässwand. Der erkrankten Partie kommt das Vermögen, das Blut flüssig zu erhalten, nicht mehr zu, und sie verhält sich deshalb dem Blute gegenüber wie ein fremder Körper, und da die Schichten an der Wand sich immer langsamer bewegen als das übrige Blut, so kommt es hier auch zum Absatz von Fibrinschichten. In neuerer Zeit hat Durante in Stricker's Laboratorium nachgewiesen, dass selbst krankhafte Veränderungen der Gefässwand, welche nur mittelst des Mikroskopes nachweisbar sind, einen Einfluss auf die Gerinnung ausüben.

Wenn wir nun gefragt werden, wie wir uns diesen Einfluss der lebenden Gefässwand auf das Blut denken, und wie wir uns denselben erklären, so müssen wir sagen, dass wir davon auch nicht das Allergeringste wissen, nur die Thatsache selbst ist ausser allem Zweifel, sie ist durch zahlreiche Versuche sichergestellt, und wird durch alle neueren Versuche immer wieder bestätigt. Wir wissen überhaupt über den inneren Vorgang der Gerinnung bis jetzt noch relativ wenig, und ehe wir dieses Wenige kennen lernen können, müssen wir uns mit den chemischen Bestandtheilen des Blutes, sowohl des Blutplasmas als der Blutkörperchen, bekannt machen. Dazu ist es aber nöthig, dass wir erst eine Gruppe von Substanzen kennen lernen, welche wir mit dem Namen der Eiweisskörper oder der albuminoiden Substanzen belegen.

Die Eiweisskörper.

Die Eiweisskörper werden auch histogenetische Substanzen genannt, weil sie das Material für die Bildung der meisten thierischen Gewebe sind. Sie sind vielfältig auch Proteinkörper oder Proteinverbindungen genannt worden. Vor etwa vierzig Jahren führte Mulder eine ausgedehnte Untersuchung über diese Substanzen, die sowohl im Thierreiche als auch im Pflanzenreiche vorkommen, aus und glaubte den Grundstoff gefunden zu haben, aus welchem sie sich alle zusammensetzen, die organische Verbindung, welche gewissermassen die chemische Grundlage für alle diese Substanzen bildet. Er löste die Körper in Kalilauge auf und fällte mit Essigsäure. Er erhielt nun aus allen Eiweisskörpern, die er anwendete eine Substanz von derselben oder nahezu derselben procentischen Zusammensetzung, einen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehenden Körper, welchen er nach seinen damaligen chemischen Untersuchungen für schwefelfrei hielt. Diesen Körper nannte er Protein von πρωτεύω, ich bin der Erste, und erklärte alle Eiweisskörper für Verbindungen dieses Proteins mit Sauerstoff, mit Schwefel und mit Phosphor Seine Untersuchungen wurden im Liebig'schen Laboratorium von Laskowsky wiederholt. Dieser fand aber das Mulder'sche Protein nicht schwefelfrei. Mulder wendete dagegen ein, dass Laskowsky seine Versuche nicht so nachgemacht habe, wie er sie angestellt. Mulder hatte die Eiweisskörper bei gewöhnlicher Temperatur und sehr langsam

in Kali aufgelöst, während sie Laskowsky rasch und in der Wärme aufgelöst hatte. Bei diesem letzteren Verfahren war der Schwefel nur unvollständig oxydirt worden; er war deshalb beim Fällen mit Essigsäure theilweise in Substanz herausgefallen und hatte sich dem Niederschlage beigemengt. Hierin hatte Mulder vollkommen recht. Nichtsdestoweniger war sein Protein schwefelhältig, und zwar enthielt es nicht unbeträchtliche Mengen von Schwefel, wie später Fleitmann nachwies, indem er es mit Salpeter und Kali schmolz und den Schwefel als schwefelsauren Baryt bestimmte.

Hiemit war ein Grundpfeiler der sogenannten Proteintheorie gestürzt, und auch die weiteren Untersuchungen haben gelehrt, dass man die Sache nicht so einfach auffassen kann, wie sie Mulder ursprünglich aufgefasst hat. Nichtsdestoweniger bleibt jenen Untersuchungen das grosse Verdienst, diese ganze Gruppe von Verbindungen zusammengefasst, ihre Verbreitung gezeigt und ihre gemeinsamen Reactionen studirt zu haben.

Die Eiweisskörper gehören zunächst zusammen durch ihre Zusammensetzung. Sie enthalten in Procenten nach der von Hoppe-Seyler gegebenen Uebersicht:

Kohlenstoff	52,7—54,5 pCt.
Wasserstoff	6,9— 7,3 „
Stickstoff	15,4—16,5 „
Sauerstoff	20,9—23,5 „
Schwefel	0,8— 2,0 „

Manche Untersuchungen haben freilich Werthe ergeben, die weit ausserhalb dieser Grenzen liegen, so ist als Stickstoffmaximum 17,7, als Minimum 13,84 gefunden: aber diese Abweichungen müssen mit grosser Vorsicht beurtheilt werden, weil bei ein und demselben Eiweisskörper nicht unbedeutend verschiedene Stickstoffzahlen gefunden worden sind, z. B. für Blutalbumin 15,79 und 14,25. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass zu den Stickstoffbestimmungen nicht immer reine Substanzen gedient haben oder dass einzelne Stickstoffbestimmungen als solche mit grösseren Fehlern behaftet sind.

Sie haben ferner alle mit einander gemein, dass sie, im geronnenen Zustande in Alkalien aufgelöst und im gelösten Zustande mit Alkalien längere Zeit in Berührung gelassen, aus diesen alkalischen Lösungen durch Essigsäure oder andere verdünnte Säuren ausgefällt werden, und dann eben alle ein ähnliches Product geben, dieses sogenannte Mulder'sche Protein.

Sie haben weiter mit einander gemein, dass sie sich mit Salpetersäure gekocht gelb färben. Den gelben Körper, der sich hier bildet, belegte Mulder mit dem Namen der Xanthoproteinsäure. Wenn noch ein Alkali im Ueberschuss zugesetzt wird, vertieft sich die Farbe ins intensiv Goldgelbe. Da weder die Cellulose, noch die leimgebenden Substanzen diese Reaction zeigen, so benützt man sie, um Eiweisskörper unter dem Mikroskope aufzusuchen. Die gelbe Färbung ist so intensiv, dass sie auch noch in sehr dünnen Schichten unter dem Mikroskope zu erkennen ist.

Sie haben ferner alle mit einander gemein, dass sie durch die sogenannte Millon'sche Flüssigkeit beim Kochen rothbraun bis purpurfarben

gefärbt werden. Die Millon'sche Flüssigkeit erhält man durch Auflösen von Quecksilber im gleichen Gewichte starker Salpetersäure, erst in der Kälte, dann bei mässigem Erwärmen. Wenn das Metall gelöst ist, verdünnt man mit dem zweifachen Volum Wasser. Sie ist nach Millon ein Gemenge von salpetersaurem Quecksilberoxydul und salpetrichtsaurem Quecksilberoxyd. Auch diese Reaction kann man benutzen, um unter dem Mikroskope und in den Geweben als solchen Eiweisskörper nachzuweisen. Es muss indessen bemerkt werden, dass nach den Untersuchungen von Otto Nasse die Eiweisskörper die beiden letzterwähnten Reactionen mit allen einfachhydroxylirten aromatischen Körpern theilen.

Wenn man Eiweisskörper in Salzsäure löst, entweder indem man concentrirte Salzsäure darüber giesst, und sie damit stehen lässt, oder, wenn man rascher zu Ende kommen will, indem man vorsichtig erwärmt, bekommt man eine violette Lösung.

Die Eiweisskörper haben ferner die Eigenschaft, sich mit Kupferoxydsalzen und Alkalien violett zu färben. Man kann dazu sowohl die Alkalien als solche, als auch die alkalischen Erden, Kalkwasser oder Barytwasser verwenden. Wenn man eine Flocke von Fibrin mit einer sehr verdünnten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd schüttelt, so nimmt das Fibrin aus dieser Lösung das Kupfersalz auf, so dass sie sich entfärbt, wenn sie hinreichend verdünnt war, und hinreichend viel Fibrin genommen wurde. Das Fibrin nimmt eine grünliche Färbung an, während die Flüssigkeit klar und wasserhell darüber steht. Fügt man nun etwas Kali oder Natron, Kalk- oder Barytwasser hinzu und schüttelt, so nimmt das Fibrin eine violette Färbung an. Man kann auch die Fibrinflocke mit einer concentrirten Lösung eines Kupferoxydsalzes übergiessen, das überschüssige Kupfersalz wieder auswaschen und nun ein Alkali hinzufügen. Um die Probe auf Eiweisslösungen anzuwenden, macht man dieselben alkalisch und fügt dann tropfenweise eine sehr verdünnte Kupferlösung hinzu, bis die Färbung eintritt. Diese Kupferreaction theilen die Eiweisskörper mit dem Leim und den leimgebenden Substanzen, aber sie ist doch von grossem praktischen Werth, weil sie mit der Millon'schen Probe oder der Xanthoproteinprobe combinirt die Eiweisskörper von anderen Substanzen unterscheidet, welche letztere Reactionen auch geben.

Wenn man Eiweisskörper in Wasser aufschwemmt oder in Wasser auflöst, eine geringe Menge einer Rohrzuckerlösung und dann vorsichtig unter stetem Umschütteln concentrirte Schwefelsäure zusetzt, so bekommt man eine schöne rothe Färbung der Flüssigkeit. Noch sicherer erhält man nach Drechsel diese Färbung, wenn man statt der Schwefelsäure syrupsdicke Phosphorsäure anwendet.

Wenn man Eiweisskörper reichlich mit Eisessig übergiesst und erwärmt und dann Schwefelsäure hinzusetzt, so entsteht, wie Adamkiewicz fand, eine violette Färbung und schwache grüne Fluorescenz. Die Lösung absorbirt Licht zwischen den Frauenhofer'schen Linien *b* und *F*.

Endlich werden alle Eiweisskörper aus ihren sauren Lösungen durch vorsichtigen Zusatz von Blutlaugensalz gefällt, ich sage durch vorsichtigen Zusatz, weil in einem Ueberschusse der Niederschlag wieder löslich ist. Diese Reaction hat man, freilich nicht übereinstimmend, als Grenzstein aufgestellt zwischen den Eiweisskörpern und gewissen Abkömmlingen der Eiweisskörper, die wir später kennen lernen werden, Abkömmlingen,

welche sich bei der Verdauung bilden und den Namen der Peptone führen. Diese zeigen im Uebrigen noch manche Reactionen, die den Eiweisskörpern zukommen; sie geben mit Salpetersäure und Alkalien die sogenannte Xanthoproteinsäure-Reaction und zeigen auch die vorerwähnte von Adamkiewicz aufgefundene Reaction. Auch mit einem Kupferoxydsalz und Alkalien färben sie sich sehr stark, aber purpurn, mehr roth als das Eiweiss.

Eine zweite den Peptonen nicht zukommende Eigenschaft der Eiweisskörper ist die, dass sie aus ihren sauren Lösungen gefällt werden, wenn man grössere Mengen von Salzen, von Kochsalz, Chlorkalium, von schwefelsaurem Natron, von schwefelsaurem Kali u. s. w., kurz, von sogenannten Neutralsalzen in die Flüssigkeit bringt.

Die neutralen Lösungen der Eiweisskörper werden gefällt durch die meisten Salze der schweren Metalle und durch die Chloride derselben, durch Jod, durch Chlor und durch die meisten Mineralsäuren, am stärksten durch die Salpetersäure. Auch Alkohol fällt sie: bei Gegenwart von Alkalien sind indessen die Eiweisskörper theilweise in Alkohol löslich.

Das Albumin.

Ihren Namen haben die Eiweisskörper von einer Substanz, welche sich im Weissen der Vogeleier befindet, und welche in einer Temperatur zwischen 70 und 80° gerinnt. Auf der Gerinnung dieser Substanz, des Eiweisses oder Albumins, beruht das Hartkochen der Eier. Dieses Albumin der Eier hat alle die Eigenschaften, die wir an den Eiweisskörpern im Allgemeinen kennen gelernt haben, und ausserdem die Eigenschaft, in der Hitze zu coaguliren. Wenn es durch diese Coagulation vollständig ausgefällt werden soll, muss es vorher schwach angesäuert sein, so dass dadurch blaues Lakmuspapier eben purpurroth gefärbt wird. Dies ist der schwächste Grad des Ansäuerns, welchen man braucht, es kann auch ein wenig stärker angesäuert werden, wenn man aber zu stark angesäuert hat, tritt wieder die unvollkommene Coagulation ein, oder das Coagulum ballt sich doch nicht gut in Flocken zusammen, und die Flüssigkeit geht beim Abfiltriren schwer durchs Filtrum. Dies ist namentlich bei salzarmen Eiweisslösungen der Fall, bei sehr salzreichen wirkt auch ein stärkerer Säuregrad nicht nachtheilig. Die Eigenschaft des Eieralbumins, bei einer Temperatur von 70° oder darüber aus seinen Lösungen ausgeschieden zu werden, ist charakteristisch für das Eiweiss, welches wir als natives bezeichnen wollen, und unterscheidet es von anderen Eiweisskörpern. Die Temperatur, bei der es gerinnt, ist aber nicht immer dieselbe und kann durch Gegenwart von viel Salzen bis auf 50° herabgedrückt werden.

Durch Alkohol wird das native Eiweiss aus seinen Lösungen ausgefällt, wenn aber die Ausfällung vollständig sein soll, muss man die Lösung, falls sie neutral oder alkalisch ist, erst so weit ansäuern, wie dies nothwendig sein würde, damit beim Erhitzen alles Eiweiss herausfalle. Auch zu grosse Verdünnung und Salzarmuth sind der Ausscheidung des Eiweisses in Flocken abträglich. Wenn der Säuregrad nicht ganz genau getroffen ist, so entstehen in solchen verdünnten Lösungen nur opalescirende Trübungen, die sich auch beim längeren Stehen nicht als Niederschlag absetzen.

Das native Eiweiss wird durch dreibasische Phosphorsäure und durch verdünnte Pflanzensäuren nicht aus seinen Lösungen gefällt, oder wenn dies geschieht, so löst sich der Niederschlag auf Zusatz von Kochsalzlösung wieder auf, vorausgesetzt, dass man in der Flüssigkeit nicht so viel Säure und so viel Salz anhäuft, dass sich die allgemeine Eigenschaft der Eiweisskörper geltend macht, vermöge welcher sie durch Gegenwart grosser Salzmengen aus ihren sauren Lösungen ausgefällt werden. Metaphosphorsäure fällt dagegen natives Eiweiss so sicher, dass sie zur Aufsuchung desselben im Harn benutzt wird.

Natives Eiweiss ist nun auch im Blutserum in grosser Menge enthalten. Um uns davon zu überzeugen, säuern wir das Blutserum mit einem Tropfen irgend einer Säure an und untersuchen, ob es soweit sauer reagirt, dass es ein blaues Lakmuspapier purpurn färbt, wir erhitzen es, und es coagulirt wie das Weisse vom Hühnerei. Indess muss ich bemerken, dass zwar das Serumalbumin und das Eieralbumin einander sehr ähnlich sind, dass sie aber doch gewisse charakteristische Unterschiede zeigen. So ist z. B. das Albumin aus dem Serum in concentrirter Salzsäure viel leichter löslich als das Albumin aus dem Hühnerei, und zweitens, wenn man zum Albumin aus dem Hühnerei Salpetersäure zusetzt, so dass zuerst ein Niederschlag entsteht, so löst sich dieser bei weiterem Zusatze von Salpetersäure viel schwerer auf, als der gleiche Niederschlag aus Serumalbumin. Worauf diese Unterschiede beruhen, ist bis jetzt unbekannt. Das Serumalbumin dreht auch die Polarisationsebene viel stärker nach links als das Eieralbumin. Sein specifisches Drehungsvermögen beträgt — 56°, während das des Eieralbumins nur — 35,5° beträgt.

Wenn man das native Eiweiss, Eieralbumin oder Serumalbumin oder ein anderes natives Eiweiss in seinen Lösungen erkennen will, so säuert man die Flüssigkeit in der früher erwähnten Weise schwach an und erhitzt, um es zu coaguliren. Gibt diese Probe ein negatives Resultat, so säuert man nach dem Vorgange von Hoppe-Seyler eine zweite stärker mit Essigsäure an, mischt sie mit dem gleichen Volum einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron und erhitzt zum Kochen. Der Zusatz von schwefelsaurem Natron macht, dass sich auch bei stärkerem Säuregrad das Eiweiss noch vollständig und in Flocken ausscheidet. Im Winter, wo die Lösungen von schwefelsaurem Natron durch Herauskrystallisiren des Salzes an Concentration verlieren, setzt man nicht das einfache, sondern das doppelte Volum hinzu. Diese Probe ist sehr empfindlich und bringt die kleinsten Mengen Eiweiss zur Ausscheidung. Ich werde erst später erklären, weshalb ich empfehle, die Probe zuerst in der vorerwähnten Weise anzustellen. Auch durch Salpetersäure, durch Ansäuern und Fällen mit Blutlaugensalz u. s. w. kann man sehr kleine Mengen von Eiweiss nachweisen, aber man weist dann Eiweisskörper im Allgemeinen nach, man weist nicht im Speciellen unser natives Eiweiss nach, weil dies eben Reactionen sind, die allen Eiweisskörpern gemeinsam zukommen. Will man das native Eiweiss quantitativ bestimmen, so säuert man die Flüssigkeit mit Essigsäure schwach an, und erwärmt unter öfterer Prüfung der Reaction, die nicht wieder alkalisch werden darf, auf nahezu 100°, damit sich das Eiweiss sicher vollständig ausscheidet, vermeidet aber die Flüssigkeit zu kochen oder doch, sie längere Zeit im Kochen zu erhalten. Man sammelt den Niederschlag auf einem gewogenen

Filtrum, wäscht ihn mit destillirtem Wasser aus, extrahirt mit Alkohol und dann mit Aether, trocknet und wägt. Um auch hier unabhängiger vom Säuregrade zu sein, setzt Heynsius vor dem Erhitzen Chlornatrium hinzu, das den analogen Dienst leistet, wie das schwefelsaure Natron bei der Probe von Hoppe-Seyler.

Durch Oxydation des Hühnereiweisses mittelst übermangansauren Kalis habe ich in sehr reichlicher Menge einen durch Säuren in Flocken fällbaren Körper erhalten, der die Eigenschaften einer schwachen Säure zeigte. Er war im Aeussern noch dem Eiweiss ähnlich und gab auch noch die violette Färbung mit Kupferoxyd und Kali, aber er gab weder die Xanthoproteinprobe, noch die Millon'sche Probe und enthielt auch keinen bleischwärzenden Schwefel mehr.

Wenn man Eiweiss, so wie es aus dem Hühnerei kommt, mit einer concentrirten Aetzkalilösung versetzt und es mit dieser innig mengt, ändert es sich in seiner Consistenz, es wird anfangs schwer flüssig, fängt dann an Fäden zu ziehen und klumpig aus einem Glase in das andere hineinzufallen, endlich wird es gelatinös und nach einiger Zeit hat es sich so weit verdickt, dass man das Glas umkehren kann, ohne dass das Eiweiss herausfliesst. Das beruht auf einer Verbindung des Eiweisses mit dem Kali, welche zuerst von Lieberkühn dargestellt worden ist, und welche man deshalb mit dem Namen des Lieberkühn'schen Kalialbuminates bezeichnet. Wenn man diese Gallerte, nachdem sie gehörig fest geworden ist, in Stücke schneidet und dann in Wasser vertheilt, so findet man, dass sie sich darin verhältnissmässig sehr langsam löst. Wenn man aber ausgekochtes Wasser anwendet und dasselbe immer wieder erneut und den Zutritt der atmosphärischen Luft abhält, so löst sich doch zuletzt die ganze Gallerte auf. Wenn aber das Wasser kohlensäurehältig ist, oder wenn man es an der Luft stehen lässt, so dass es aus derselben Kohlensäure aufnimmt, zersetzt sich diese Verbindung des Kali mit dem Eiweiss, und es scheidet sich ein unlöslicher Eiweisskörper aus. Diesen unlöslichen Eiweisskörper kann man schneller und ohne Verlust erhalten, wenn man von vorneherein dem Wasser eine sehr geringe Menge von Essigsäure zusetzt. Dann zersetzt diese nach und nach die Verbindung. Dieses aus dem festen Kalialbuminate abgeschiedene Eiweiss hat dann eine eigenthümliche Beschaffenheit, es ist fest, elastisch und hat eine gewisse Aehnlichkeit sowohl äusserlich als in seinen Reactionen mit dem Fibrin. Es hat deshalb den Namen des Pseudofibrin erhalten. — Lieberkühn hat das Kalialbuminat benützt, um die Zusammensetzung des Eiweisses genauer als bisher zu ermitteln. Er fand das neutrale Kalialbuminat zusammengesetzt aus

$$C_{72}\ H_{112}\ N_{18}\ O_{23}\ S_1\ K_2$$

und analog auch die übrigen Albuminate, welche er darstellte. Zweifelhaft muss es sein, ob der für den Schwefel gefundene Werth dem wirklichen Schwefelgehalte des Eiweisses entsprach. Wenn man das Kalialbuminat bereitet, so sieht man, dass sich das Eiweiss beim Zusatz von Kali gelb färbt, und wenn man darauf mit verdünnter Essigsäure oder mit irgend einer andern verdünnten Säure zersetzt, so zeigt sich der Geruch nach Schwefelwasserstoff. Es zeigt sich also, dass hier Schwefelkalium gebildet wird.

Früher glaubte man, dass auch Phosphor ein wesentlicher Bestandtheil des Eiweisses sei. Lieberkühn hat aber nachgewiesen, dass er

es nicht ist. Lieberkühn fällte das Eiweiss durch Eisessig und fand das so erhaltene Coagulum phosphorfrei. Es waren also offenbar bei den früheren Versuchen phosphorsaure Salze mit in das Object der Analyse übergegangen, die sich hier, wo Eisessig zum Coaguliren angewendet wurde, mit auswuschen.

Das durch Alkalien veränderte Eiweiss.

Wenn man das Lieberkühn'sche Kalialbuminat zersetzt, bekommt man, wie erwähnt, eine Substanz, welche eine gewisse äusserliche Aehnlichkeit mit dem Fibrin hat, und welche deshalb den Namen Pseudofibrin führt. Sie hat mit dem Fibrin gemein, dass sie in Essigsäure aufquillt, nur erfolgt das Aufquellen bei den compacten Stücken, welche sie bildet, nicht so schnell, wie bei dem Fibrin, das in fein vertheilten Flocken und Fäden erhalten wird. Das Pseudofibrin quillt ferner, wie das Fibrin, in Wasser auf, dem man so viel Salzsäure zugesetzt hat, dass in einem Liter 1 Gramm ClH enthalten ist. Fügt man etwas mehr Salzsäure hinzu, so findet das Aufquellen noch rascher statt, erreicht aber keinen so hohen Grad, und wenn man eine gewisse Grenze überschreitet, so verschrumpft das gequollene Pseudofibrin wieder, wird weiss und undurchsichtig. Dies ist Alles wie beim Fibrin. In verdünnten Alkalien werden das Fibrin und das Pseudofibrin durchsichtig und lösen sich allmälig und langsam auf. Kurz, in allen diesen Punkten verhalten sich Fibrin und Pseudofibrin ganz ähnlich. Nichtsdestoweniger sind sie ihrem Wesen nach durchaus verschieden. Wenn man Fibrin mittelst Verdauungsflüssigkeit auflöst und die Säure, welche man bei der Verdauung gebraucht hat, so weit wieder abstumpft, dass ein hineingetauchtes blaues Lakmuspapier sich nur violett, nicht roth färbt, dann entsteht ein Niederschlag; von diesem filtrirt man ab und erhitzt das Filtrat. Bei 70^0 trübt es sich und setzt reichliche Flocken von Eiweiss ab. Es war also in der Lösung natives Eiweiss enthalten. Wenn man dagegen Pseudofibrin in derselben Weise durch eine künstliche Verdauungsflüssigkeit löst und nun die Säure wieder abstumpft, so entsteht auch ein Niederschlag, aber die davon abfiltrirte Flüssigkeit gerinnt nicht beim Erhitzen. Die Flüssigkeit enthält also kein natives Eiweiss mehr. Das ganze Eiweiss ist beim Abstumpfen der Säure ausgefällt worden.

Löst man etwas von dem frisch bereiteten Lieberkühn'schen Kalialbuminat in Wasser auf und fügt tropfenweise Essigsäure hinzu, so entsteht bei beginnender saurer Reaction ein Niederschlag; wenn man aber dann mehr Essigsäure zusetzt, so verschwindet er wieder. Stumpft man die Säure ab, so entsteht er von Neuem. Dasselbe geschieht, wenn man statt der Essigsäure eine andere verdünnte Pflanzensäure oder dreibasische Phosphorsäure anwendet. Die vom vollständig ausgefällten Niederschlage abfiltrirten Flüssigkeiten geben beim Kochen kein Gerinnsel und ebenso wenig die sauren und alkalischen Lösungen. Die Eigenschaften des Eiweisses sind also im Kalialbuminat wesentlich andere geworden. Es gerinnt nicht mehr beim Erhitzen, wie es das native Eiweiss thut, aber während das native Eiweiss durch die verdünnten Pflanzensäuren und durch die dreibasische Phosphorsäure nicht gefällt wird, so fällt aus der Lösung des Kalialbuminats der Eiweisskörper heraus, sobald man so viel

Säure hinzusetzt, dass die ganze Menge des Alkali gebunden wird. Der Eiweisskörper ist jetzt nur noch durch das Alkali gelöst: so wie ihm dasselbe entzogen wird, fällt er heraus. Der Niederschlag ist chemisch identisch mit dem Pseudofibrin. Er ist sehr fein vertheiltes Pseudofibrin. Daraus erklärt sich sein Wiederverschwinden beim Zusatz von mehr Säure. Wie jedes Stück Pseudofibrin zum glashellen Klumpen aufquillt, so quillt hier jedes einzelne Theilchen auf, und dadurch verschwindet der Niederschlag. Fügt man dann concentrirte Lösungen von Kochsalz oder Glaubersalz hinzu, so erscheint er wieder, wie Fibrin und Pseudofibrin, die in Säuren gequellt sind, wieder verschrumpfen, wenn man sie in Salzlösungen hineinwirft. Hiermit hängt es zusammen, dass Niederschläge, die in Alkalialbuminatlösungen von grossem Salzgehalte durch Säuren hervorgebracht sind, sich im Ueberschuss der Säure schwer oder gar nicht auflösen.

Dieses Eiweiss, das man im Gegensatze zum nativen als fällbares bezeichnet, entsteht nun aus dem nativen Eiweiss überall da, wo letzteres der Einwirkung von Kali, von Natron, von Aetzkalk, von Baryt ausgesetzt ist. Die Einwirkung geht um so rascher vor sich, je mehr Alkali vorhanden ist und je höher die Temperatur ist. Sie kann rasch vor sich gehen bei gewöhnlicher Temperatur, wenn viel Alkali vorhanden ist, wie dies z. B. bei der Bildung des Lieberkühn'schen Kalialbuminates der Fall ist, sie kann aber auch relativ rasch vor sich gehen bei Gegenwart von wenig Alkali, wenn ich die Temperatur erhöhe. Das ist der Grund, weshalb man, wenn man natives Eiweiss aufsuchen will, vorher die Flüssigkeit sorgfältig neutralisiren oder vielmehr schwach ansäuern muss. Denn, wenn die Flüssigkeit alkalisch ist und man erwärmt, so wirkt während des Erwärmens und noch ehe die Temperatur von 70° erreicht ist, das freie Alkali und auch das kohlensaure Alkali auf das native Eiweiss ein, wandelt es in fällbares Eiweiss um, und nun gerinnt es nicht mehr beim Erhitzen. Man kann es nachher allerdings wiederum fällen, wenn man ansäuert; dann kann man aber nicht mehr unterscheiden, ob dieses Eiweiss von Hause aus in der Flüssigkeit als natives Eiweiss oder als fällbares Eiweiss enthalten war. Deswegen ist es auch nicht anzurathen, beim Aufsuchen von Eiweiss so zu Werke zu gehen, dass man, wie es vielfach vorgeschrieben ist, erst zum Sieden erhitzt, und nachher tropfenweise Essigsäure hinzufügt, und sieht, ob ein Niederschlag entsteht. Es ist besser, vorher anzusäuern und dann zu kochen, weil man dann Aufschluss darüber bekommt, ob natives, beziehungsweise ob fällbares Eiweiss in der Flüssigkeit enthalten war, während das andere Verfahren nur Aufschluss darüber gibt, ob überhaupt Eiweiss, fällbares oder natives, vorhanden war.

Das fällbare Eiweiss kommt als solches im Blute nicht, oder doch nicht in irgendwie beträchtlicher Menge vor. Obgleich das Blut alkalisch reagirt, so ist doch die Wirkung des Alkali nicht stark genug, um das native Eiweiss in fällbares umzuwandeln. Dagegen verhält sich das Casein, der Käsestoff der Milch, in seinen Reactionen im Wesentlichen wie das fällbare Eiweiss. Von den scheinbaren oder wirklichen Unterschieden werden wir sprechen, wenn wir von der Milch handeln.

Das durch Säuren veränderte Albumin.

Wir haben gesehen, dass alle Eiweisskörper aus ihren sauren Auflösungen durch reichlichen Zusatz von Salzen gefällt werden. Wenn man z. B. eine Eiweisslösung mit Essigsäure ansäuert und eine concentrirte Kochsalz- oder Glaubersalzlösung hinzusetzt, so erhält man einen Niederschlag. Dieser Niederschlag ist das, was Panum mit dem Namen des Acidalbumins bezeichnet hat. Wie derselbe beschaffen ist, das hängt davon ab, wie lange und wie heftig die Säure auf das Eiweiss eingewirkt hat. War die Säure verdünnt und hat sie nicht lange eingewirkt, so hat dieses Acidalbumin noch immer die Eigenschaften des nativen Eiweisses. Wenn man es auf dem Filtrum sammelt und dann in Wasser auflöst, so wird es beim vorsichtigen Neutralisiren nicht gefällt und die neutralisirte Lösung gerinnt beim Erhitzen noch in derselben Weise, wie die vom nativen Eiweiss. Wenn aber die Säure längere Zeit oder, indem sie concentrirter war, heftiger eingewirkt hat, so entsteht beim vorsichtigen Neutralisiren ein Niederschlag, der sich in überschüssigem Alkali wieder auflöst. Derselbe entsteht schon, ehe die Reaction vollkommen neutral geworden ist; schon wenn die Säure so weit abgestumpft ist, dass sie ein hineingetauchtes blaues Lakmuspapier nur noch schwach röthet. Wenn man eine Eiweisslösung stark ansäuert und sie lange genug mit der Säure stehen lässt, so wird sie zuletzt so in ihrer ganzen Masse verändert, dass beim Abstumpfen der Säure alles Eiweiss herausfällt und die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit beim Erhitzen nicht mehr getrübt wird. Wir haben also hier wiederum eine neue Art von fällbarem Eiweiss, die aber nicht durch Einwirkung von Alkali auf das Eiweiss, sondern durch Einwirkung von Säure auf das Eiweiss entstanden ist, und dieses durch Säuren veränderte Eiweiss nennt man Syntonin. Man belegte mit diesem Namen zuerst einen Eiweisskörper, den man durch Maceration von Muskelfleisch in verdünnter Säure erhalten hatte. Er ist aber später auf das durch Säuren veränderte Albumin im Allgemeinen übertragen worden. Wenn man eine sehr concentrirte Lösung davon hat, so ist diese nur in der Wärme flüssig, in der Kälte gesteht sie ganz ähnlich wie Tischlerleim. Man kann sich eine solche Lösung verschaffen, indem man entweder Blutserum oder Hühnereiweiss längere Zeit mit Phosphorsäure in Berührung lässt. Da ändert die Phosphorsäure das Eiweiss in Syntonin um, man erwärmt vorsichtig, um diese Einwirkung zu beschleunigen, hütet sich aber dabei, frühzeitig zu stark zu erhitzen, weil, wenn das lösliche Eiweiss noch nicht in Syntonin umgewandelt ist, die Flüssigkeit, dauernd coagulirt, und das Albumin in den unlöslichen Zustand übergeht. Wenn man aber vorsichtig erwärmt, kann man zuletzt bis auf 100^0 erwärmen, ohne dass etwas gerinnt. Die Flüssigkeit ist durchsichtig, höchstens etwas opalisirend, sie ist vollkommen beweglich, wie eine wässerige Lösung, wenn man sie aber erkalten lässt, so gesteht sie zu einer Gallerte, so dass man das Glas umkehren kann, ohne dass etwas herausfliesst. Setzt man es wieder in ein warmes Wasserbad, so löst die Gallerte sich wieder auf u. s. w. Diese schmelzende Gallerte ist zuerst von Magendie dargestellt worden. Dann ist sie wieder in Vergessenheit gerathen, bis sie durch die Untersuchungen von Bence Jones

in Erinnerung gebracht wurde. Er suchte in dem Harne eines Osteomalacischen nach Eiweiss. Er hatte mit Salpetersäure angesäuert und fand, dass beim Kochen keine Gerinnung erfolgte, dass aber nachher beim Erkalten der ganze Harn im Probirglas zu einer Gallerte gestand. Es zeigte sich hinterher, dass dies ein solches durch Säuren verändertes Eiweiss war.

Paraglobulin, Vitellin und Myosin.

Wir haben also bis jetzt kennen gelernt natives Eiweiss, durch Alkalien verändertes Eiweiss, durch Säuren verändertes Eiweiss. Wir müssen aber jetzt näher eingehen auf die verschiedenen Erscheinungsweisen des nativen Eiweisses. Ich habe hier Blutserum, das vorsichtig mit ein wenig Essigsäure neutralisirt ist. Es ist weder alkalisch noch auffallend sauer, es färbt blaues Lakmuspapier violett. Nach dem Neutralisiren ist dieses Serum mit dem Achtfachen seines Volumens Wasser verdünnt worden; dadurch hat es sich reichlich getrübt und jetzt nach längerem Stehen hat es einen reichlichen Bodensatz abgesetzt. Dieser Bodensatz besteht aus einem Eiweisskörper, den Panum zuerst auf die beschriebene Weise erhielt und mit dem Namen des Serumcaseins bezeichnete. Aus den Untersuchungen von Kühne und von Eichwald geht hervor, dass dieser Niederschlag in der Regel ein Gemenge aus zwei Eiweisskörpern ist, von denen der eine sich aus dem verdünnten Serum durch Kohlensäure ausfällen lässt, der andere nach vollständigem Ausfällen mit Kohlensäure auf Zusatz von wenig Essigsäure herausfällt. Diesen letzteren, der nach Eichwald zwar frisch gefällt durch verdünnte Kochsalzlösung wieder gelöst werden kann, aber nach längerer Einwirkung von Wasser die Eigenschaften des durch Säuren veränderten Eiweisses, des Syntonins, hat, nennen wir jetzt mit Kühne Serumcasein, den anderen, den durch blosses Einleiten von Kohlensäure gefällten, nennen wir Paraglobulin.

Man kann letzteres auf dem Filtrum sammeln und mit destillirtem Wasser auswaschen, ohne dass es sich auflöst; dann nehme man es vom Filtrum herunter und schwemme es im Wasser auf. Nun versetze man Kochsalzlösung mit so viel Ammoniak, dass sie entschieden alkalisch reagirt, und setze hiervon unter stetem Umschütteln so lange hinzu, bis sich das Paraglobulin vollständig wieder löst. Die so gewonnene Flüssigkeit verhält sich nicht wie eine Lösung von fällbarem Eiweiss, sondern wie eine Lösung von nativem Eiweiss. Sie wird durch verdünnte Pflanzensäuren und durch dreibasische Phosphorsäure nicht gefällt, und beim Kochen gerinnt sie.

Es kann nun weiter die Frage entstehen, ob dieses Paraglobulin überhaupt wesentlich verschieden sei von dem nativen Eiweiss, welches nach seiner Ausscheidung im Serum zurückbleibt? Es könnte ja das ganze Serumeiweiss an und für sich nicht löslich sein und nur durch die Salze und Alkalien des Serums in Lösung erhalten werden. Wenn man einfach neutralisirt und dann mit dem achtfachen Volum Wasser verdünnt hat, dann vom Niederschlage abfiltrirt und das Filtrat weiter verdünnt, so scheidet sich kein Eiweiss mehr aus, oder wenn dies geschieht, so erreicht man doch durch weiteres Verdünnen bald eine

Grenze, über welche hinaus weiterer Wasserzusatz keine neue Ausscheidung veranlasst, wenigstens nicht sofort, während noch grosse Mengen von Eiweiss in der Flüssigkeit gelöst sind. Daraus hat man den Schluss gezogen, dass das Serumeiweiss an und für sich löslich und vom Paraglobulin verschieden sei. Man muss sich aber sagen, dass man ja die Salze durch die Verdünnung nicht wegbringt, dass immer noch auf eine gewisse Quantität Eiweiss eine gewisse Quantität von Salzen kommt, man mag verdünnen, wie man will; es muss also immer eine gewisse Quantität Eiweiss in Lösung bleiben, auch wenn dieses an sich unlöslich und nur vermittelst der Gegenwart von Salzen, Alkalien oder Säuren löslich ist. Alexander Schmidt bemerkt, dass nach seinen Versuchen die Menge der Salze, welche im Serum enthalten ist, bei weitem nicht ausreichen würde, das ganze Serumeiweiss in Auflösung zu erhalten, wenn es durchweg die Eigenschaften des Paraglobulins hätte. Anderseits ist Heynsius durch eine Reihe von Versuchen zu der Ansicht gelangt, dass auch der Rest des Eiweisses nicht für sich, sondern als in Verbindung mit anorganischen Substanzen in der Flüssigkeit gelöst sei. Als Beweis für die Existenz eines an und für sich löslichen Eiweisses wird das sogenannte Wurtz'sche Eiweiss angeführt. Man erhält dasselbe, wenn man Eieralbumin mit basisch essigsaurem Blei fällt, bei Abschluss der Luft filtrirt und mit ausgekochtem Wasser auswäscht. Das ist deshalb nöthig, weil sonst die Kohlensäure der atmosphärischen Luft und des Wassers die Bleiverbindung zersetzen würde. Nachdem man ausgewaschen hat, leitet man in den mit Wasser zu Brei angerührten Niederschlag Kohlensäure, zersetzt ihn hiedurch, und nun filtrirt man. In dem Filtrat hat man eine wässerige Eiweisslösung, die noch bleihältig ist. Man fällt mit Schwefelwasserstoff. Das dabei gebildete Schwefelblei lässt sich aber nicht, oder nicht vollständig durch Filtration trennen. Um es wegzuschaffen hat man zwei Wege, erstens den, welchen Wurtz eingeschlagen hat, und der darin besteht, vorsichtig zu erwärmen, so dass die Coagulation des löslichen Eiweisses beginnt; dann reissen die ersten Flocken das ganze Schwefelblei mit sich, und die übrige Flüssigkeit kann rein und klar abfiltrirt werden. Ein zweiter Weg besteht darin, dass man die Lösung mit einer nicht zu grossen Quantität von sorgfältig von Salzen befreiter Thierkohle schüttelt. Auch diese reisst das ganze Schwefelblei an sich, und wenn man darauf filtrirt, bekommt man eine klare, wasserhelle Lösung. Diese gerinnt beim Kochen und zeigt alle Eigenschaften des nativen Eiweisses. Sie kann eingetrocknet und wieder in Wasser aufgelöst werden, sie hat immer noch dieselben Eigenschaften. Sie kann, wenn sie eingetrocknet ist, über 100^0 erhitzt werden, ohne ihre Eigenschaften zu verlieren, nur wenn sie im feuchten Zustande über 70^0 erhitzt wird, geht sie in geronnenes Eiweiss über. Da dies Wurtz'sche Eiweiss schwach sauer reagirt, so nehmen Einige an, dass es noch Essigsäure enthalte, welche die Löslichkeit des Eiweisses vermitteln könnte. Dagegen wird angeführt, dass es sich nach dem Eintrocknen wieder auflöst, während Lieberkühn fand, dass Albumin, das mit Essigsäure angesäuert worden ist, beim Eintrocknen in den unlöslichen Zustand übergeht. Es ist dies eine allgemeine Eigenschaft der Eiweisskörper, und darauf beruhte schon die Anwendung des Essigs in der alten Temperamalerei: doch handelt es sich dabei wohl um grössere

Mengen von Essigsäure, als sie im Wurtz'schen Eiweiss enthalten sein können.

Einen merkwürdigen Beitrag zu unserer Streitfrage hat Eichwald geliefert. Eichwald fand, dass er allmälig alles Eiweiss in Gestalt von Syntonin aus dem Blutserum ausfällen konnte, wenn er letzteres erst mit zehn Volum Wasser verdünnte, das Paraglobulin und Serumcasein ausfällte und durch das Filtrum trennte und dann das Filtrat mit 40 bis 50·Volum Wasser verdünnte, nachdem er es so weit angesäuert hatte, dass aus einer Probe beim Erhitzen sich alles Eiweiss vollständig abschied. Die Syntoninausscheidung dauerte 36 bis 48 Stunden. Eichwald sieht das Serumeiweiss deshalb als zwar verschieden vom Paraglobulin, aber doch auch als durch Salze gelöst an.

Wir kommen jetzt zu einer anderen Frage, die wir mit grösserer Bestimmtheit entscheiden können, zu der Frage, ob denn das Eiweiss in seinen sogenannten Lösungen wirklich im gelösten Zustande, im chemisch-physikalischen Sinne des Wortes, enthalten sei. Es ist unzweifelhaft, dass Gummilösungen, Eiweisslösungen u. s. w. sich wesentlich anders verhalten als Kochsalzlösungen, Zuckerlösungen und Lösungen von anderen krystallisirbaren Substanzen. Wenn ich eine Salzlösung eindunste, so krystallisirt ein Theil des Salzes heraus, die übrige Lösung behält dagegen vollständig ihre Flüssigkeit. Wenn ich dagegen eine Gummilösung eindunste, wird sie immer dicklicher und dicklicher, und nach und nach wird die ganze Masse, nachdem sie zähe geworden ist, hart. Als Graham seine ausgedehnten Untersuchungen über Diffusion anstellte, wurde er darauf geführt, diesen Unterschied näher zu untersuchen, und es zeigte sich, dass diejenigen Körper, welche krystallisiren, in ihren Lösungen leicht diffusibel sind, dass dagegen diejenigen Substanzen, welche nicht krystallisiren, schwer diffusibel sind. Er theilte deshalb alle Substanzen in colloide Substanzen, das heisst solche, die sich ähnlich wie eine Leimlösung verhalten, und in krystalloide Substanzen. Die ersteren waren schwer, die letzteren waren leicht diffusibel, und er gründete darauf ein Verfahren, Substanzen auf dem Wege der Diffusion, oder, wie er es nannte, auf dem Wege der Dialyse von einander zu trennen, ein Verfahren, das manchmal da noch anwendbar ist, wo die chemischen Hülfsmittel ihren Dienst versagen. Denken Sie sich z. B., Sie hätten ein Gefäss ohne Boden, das unten mit einer Blase, oder, wie man es jetzt gewöhnlich macht, mit einem Stücke Pergamentpapier verschlossen ist. In dieses Gefäss füllen Sie eine Lösung von einer colloiden Substanz und setzen das Ganze in ein grosses Gefäss mit Wasser. Dann werden die Salze, welche in der Lösung enthalten sind, durch das Pergamentpapier hindurchgehen und Wasser wird hineinwandern. Es wird auch etwas von der colloiden Substanz hindurchgehen, aber unverhältnissmässig wenig im Vergleiche zu den Salzen. Wenn wir also das umgebende Wasser oft wechseln, werden nach und nach alle Salze in dasselbe übergehen und man erhält, freilich nicht ohne Verlust, eine fast reine Lösung der colloiden Substanz.

Zu diesen colloiden Substanzen gehört auch das Eiweiss, und wir haben uns deshalb wohl zu fragen, ob es vielleicht deshalb unkrystallisirbar und schwer diffusibel sei, weil es gar nicht im wahren Sinne des Wortes gelöst, sondern nur in kleinen Partikeln im Wasser aufgeschwemmt enthalten ist.

Die Frage, ob das Eiweiss gelöst sei, muss verschieden beantwortet werden, je nachdem die Auflösung definirt wird. Gewöhnlich sagt man, ein Körper ist in einer Flüssigkeit gelöst, wenn die Wirkung der Schwere vollständig verschwindet gegenüber der Molekularanziehung, mit anderen Worten, wenn der Körper keine Neigung hat sich zu senken und abzusetzen, und wenn er auch keinen Auftrieb zeigt. Nach diesem Kriterium ist das Eiweis vollständig gelöst. Ich habe lange Röhren mit gut gemischter und filtrirter Eiweisslösung in einen Keller hineingestellt, und habe sie nach längerer Zeit auf ihren Eiweissgehalt in der obersten und in der untersten Schichte untersucht und gefunden, dass beide ganz gleich zusammengesetzt waren: das Eiweiss hatte also durchaus keine Neigung gezeigt, sich abzusetzen.

Körper, die nur suspendirt sind, die nicht aufgelöst sind, erregen ferner keinen Diffusionsstrom, keine sogenannte Endosmose. Die sogenannten Erscheinungen der Endosmose, wie sie Dutrochet benannte, sind nichts anderes als Diffusionserscheinungen. Wenn ich ein Gefäss unten mit einem Stück Blase zubinde und in dasselbe Glaubersalzlösung hineinfülle und es dann in Wasser setze, so dass das innere und äussere Niveau ursprünglich gleich sind, so steigt das Niveau im Innern über das Niveau der äusseren Flüssigkeit, über das Niveau des Wassers. Es geht also Wasser von aussen in die Lösung hinein und anderseits, wenn ich das Wasser untersuche, finde ich in demselben Salz. Es findet also ein Austausch durch die Membran statt, wobei immer das Volum des eintretenden Wassers grösser ist als das Volum der austretenden Substanz, so dass das Niveau im Innern steigt. Es hängt dies damit zusammen, dass beim Austausch das Wasser einen grösseren Raum einnimmt als das Aequivalent an Salz, welches gleichzeitig übergeht, anderseits damit, dass die Membran mehr Anziehung für das Wasser hat als für das Salz, das im Wasser gelöst ist. Darüber hat Ludwig sehr lehrreiche Versuche angestellt. Er hat eine Blase in Glaubersalzlösung gelegt, und gefunden, dass sie aus derselben eine Flüssigkeit absorbirt, die weniger concentrirt ist als die Salzlösung, welche man ihr angeboten hat, und wenn man sie hinterher auspresst, so wird eine Flüssigkeit ausgepresst, die concentrirter ist, als diejenige Flüssigkeit war, welche die Blase absorbirt hatte. Die bewegende Ursache für den Diffusionsstrom ist die wechselseitige Anziehung zwischen den Theilchen des Wassers und den Theilchen der im Wasser gelösten Substanz. Substanzen, die nicht gelöst sind, erregen keine Diffusionsströme, erregen keine Endosmose. Wenn man nun in dieser Beziehung das Eiweiss untersucht, so verhält es sich wieder ganz wie ein gelöster Körper, es erregt einen sehr kräftigen Diffusionsstrom, eine starke Endosmose. Es geht seinerseits sehr langsam durch die Membran hindurch, zieht aber grosse Mengen von Wasser an, so dass das Niveau fort und fort steigt. Wenn man aber sagt, ein Körper ist nur dann gelöst, wenn die in der Flüssigkeit vertheilten Moleküle desselben alle Eigenschaften eines festen Körpers verloren haben, dann ist das Eiweiss nicht gelöst; denn man kann nachweisen, dass das einzelne Eiweissmolekül, oder vielleicht sagen wir besser das einzelne Eiweisspartikelchen, noch die Eigenschaften eines festen Körpers zeigt. Es hängt damit zunächst zusammen die Schwierigkeit, mit der sich das Eiweiss durch Membranen diffundirt. Colloide Substanzen diffundiren auch in

offenen Gefässen, auch da, wo gar keine poröse Scheidewand vorhanden ist, langsamer als krystalloide, aber ausserdem finden die Eiweisstheilchen beim Durchgang durch Membranen offenbar ein Hinderniss in der Enge der Poren. Dieses Hinderniss kann so gross werden, dass anfangs gar kein Eiweiss hindurchgeht, sondern nur Salze. Wenn man ein Glasrohr mit der Schalenhaut eines Hühnereies zubindet, die Ligaturstelle sorgfältig mit Schellack firnisst und eine Eiweisslösung hineingiesst, so gehen an Wasser, das sich auf der anderen Seite der Membran befindet, anfangs nur Salze über, gar kein Eiweiss. Erst nach vierundzwanzig Stunden oder später fängt auch das Eiweiss an, in geringer Menge durch die Schalenhaut hindurchzugehen. Wenn man durch thierische Membranen, z. B. durch die Pleura, eine Eiweisslösung langsam durchzupressen sucht, so geht eine Flüssigkeit durch, die ärmer ist an Eiweiss, als diejenige Flüssigkeit, die darüber stehen bleibt; das zeigt wiederum, dass die Eiweisstheilchen selbst, offenbar ihrer Grösse wegen, in den Poren der Membran ein Hinderniss finden. Damit hängt es auch zusammen, dass in den Nieren zwar die Salze und der Harnstoff, auch Zucker, welcher im Blute vorhanden ist, kurz die krystalloiden Substanzen hindurchgehen, dass dagegen wenigstens im normalen Zustande das Eiweiss nicht hindurchgeht, dass das Eiweis nur durchgeht durch die Wandungen der harnbereitenden Organe, wenn entweder der Druck ein ungewöhnlich hoher ist, oder wenn diese Wandungen selbst degenerirt sind.

Es existirt noch eine andere Erscheinung, welche in recht auffälliger Weise zeigt, dass das einzelne Eiweissmolekül noch die Eigenschaften eines festen Körpers besitzt.

Wenn man eine vollständige Lösung schüttelt oder schlägt, oder Luft in sie hineinbläst, so kann man allerdings Blasen hervorbringen, aber diese Blasen zerstören sich in sehr kurzer Zeit wieder, und zwar dadurch, dass von der Kuppe der Blase fortwährend Flüssigkeitstheilchen herunterrollen, bis die Blase am Ende oben so dünn wird, dass nun die Spannung der Luft im Innern hinreichend ist, um sie zu zersprengen. Dann fällt sie zusammen. Wenn man dagegen in einer Seifenlösung Blasen hervorbringt, so zeigen diese eine grosse Widerstandsfähigkeit. Die in der Flüssigkeit befindlichen festen Theilchen mit der Anziehung, die sie zum Wasser haben, hindern einander beim Herabrollen von der Kuppe der Blase, wenn diese sich bis zu einem gewissen Grade verdünnt hat. Sie halten einander, wie die Steine eines Gewölbes. Darauf beruht die Schaumbildung auf Seifenlösungen, darauf die Möglichkeit, Seifenblasen zu machen. Wie verhält sich eine Eiweisslösung? Sie verhält sich ähnlich einer Seifenlösung. Wenn man sie schüttelt, so entsteht ein Schaum, der nicht sofort vergeht, sondern längere Zeit stehen bleibt. Andral sagte schon vor mehr als vierzig Jahren, dass das, was ihn auf Albuminurie aufmerksam mache, der Schaum auf den Uringläsern sei. Bei eiweissfreiem Harn bleibt der Schaum nicht stehen, während er bei eiweisshältigem stehen bleibt. Etwas Eieralbumin oder Serumalbumin zu destillirtem Wasser gemischt, dem man einige Tropfen Kochsalzlösung zugesetzt hat, gibt eine klare, beim Schütteln stark schäumende Flüssigkeit. Wir können deshalb nicht in Abrede stellen, dass auch in ganz klaren Lösungen die darin enthaltenen Eiweisstheilchen noch in einzelnen Erscheinungen die Eigenschaften fester Körper zeigen, während sie im

Uebrigen wie die Moleküle eines gelösten Körpers wirken. Es liegt hierin kein Widerspruch. Man braucht nur anzunehmen, dass die Eiweisstheilchen auf die Flüssigkeit eine ähnlich starke Anziehung ausüben, wie die Moleküle gelöster krystalloider Substanzen, dass sie aber sehr viel grösser sind.

Wir haben kurz noch ein Paar anderer Eiweisskörper zu erwähnen, die sich dem Paraglobulin ähnlich verhalten, das Vitellin, welches im Eidotter enthalten und in Chlornatriumlösung von jeder Concentration löslich ist, sich dabei nicht aussalzen, das heisst durch Eintragen von ungelöstem Chlornatrium zur Abscheidung bringen lässt, und einen von Kühne zuerst dargestellten Körper, das Myosin. Das Myosin erhielt Kühne, indem er Muskeln mit einer Kochsalzlösung verrieb, die er so bereitet hatte, dass er zu einer concentrirten Kochsalzlösung das doppelte Volum Wasser hinzusetzte. Er filtrirte darauf von dem Rückstande ab, und trug nun Steinsalz in Substanz ein. Das zog einen Theil des Wassers zu einer Lösung an sich, und in Folge davon schied sich ein Eiweisskörper aus, welchen er auf dem Filtrum sammeln konnte, und welchen er mit dem Namen des Myosins belegte. Man kann bis jetzt nicht mit Sicherheit sagen, in wie weit das Myosin aus Eiweisskörpern stammt, die in den Muskeln noch gelöst waren, oder aus solchen, die in den Muskeln bereits geronnen waren und durch Kochsalz wieder aufgelöst wurden. Wir werden später finden, dass die Muskeln eine ganze Reihe von Eiweisskörpern enthalten, wovon ein Theil flüssig bleibt, ein Theil bei gewöhnlicher Temperatur und das Uebrige bei verschiedenen höheren Temperaturen gerinnt, und dass derjenige Eiweisskörper, welcher bei gewöhnlicher Temperatur gerinnt, ganz oder doch zum grössten Theil in Kochsalzlösung wieder auflöslich ist. Es mag hier auch noch das Crystallin erwähnt werden, der Eiweisskörper, den man durch Verreibung der Krystalllinse mit Wasser und Filtriren erhielt, und den man für verschieden vom gewöhnlichen Eiweiss hielt. v. Vintschgau hat indessen gezeigt, dass die gefundenen Unterschiede höchst wahrscheinlich nicht in den Eigenschaften der Eiweisskörper als solcher, sondern in den anorganischen Bestandtheilen der Lösungen zu suchen sind.

Fibrin.

Wir haben jetzt die Eiweisskörper so weit kennen gelernt, dass wir zum Fibrin zurückkehren können, zu demjenigen Körper, der sich bei der Gerinnung des Blutes ausscheidet. Wir haben schon gesehen, dass das Fibrin in verdünnten Säuren aufquillt, gallertartig durchscheinend wird. Gewisse Säuren, wie die Essigsäure und die Phosphorsäure, lassen es auch im concentrirteren Zustande in dieser gallertartigen Beschaffenheit, andere Säuren aber, z. B. die Salzsäure, machen es wieder verschrumpfen, wenn sie in grösserer Menge zugesetzt werden; in noch höherem Grade ist dies der Fall mit der Schwefelsäure und am allermeisten mit der Salpetersäure, welche das gequollene Fibrin schon verschrumpfen macht, wenn sie dem Wasser in verhältnissmässig sehr geringer Menge zugesetzt wird. Das Fibrin zersetzt in frischem Zustande Wasserstoffsuperoxyd. Es ist ein im hohen Grade veränderlicher Körper. Es hat, nachdem es eine Zeit lang ausgeschieden war, andere Eigenschaften als unmittelbar nach der

Gerinnung. Die Gerinnung selbst kann man verzögern, beziehungsweise verhindern durch Zusatz von Salzen und auch durch Zusatz von Alkalien und Säuren, und, wie Denis zeigte, kann man eben frisch geronnenes Fibrin wieder mittelst einer Salpeterlösung auflösen, am leichtesten, wenn man derselben noch eine sehr geringe Menge von Ammoniak zugesetzt hat. Man erhält eine Flüssigkeit, die beim Kochen gerinnt, wie eine Eiweisslösung. Später aber, wenn das Fibrin bereits längere Zeit ausgeschieden war, und namentlich, wenn es dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt worden ist, gelingt es nicht mehr, dasselbe mittelst Salpeter wieder aufzulösen. Ein werthvolles Lösungsmittel ist in E. Ludwig's Laboratorium von Mauthner im Neurin gefunden, einer organischen Base, die dem Thierkörper entstammt und von der wir später noch sprechen werden.

Wenn man das Fibrin untersucht, so findet man, dass es eine nicht unbeträchtliche Menge von anorganischen Bestandtheilen enthält. Zunächst enthält es eine wenn auch nur geringe Menge von Eisen. Liebig fand schon, dass das Fibrin, wenn man es faulen lässt, sich wieder auflöst, dass es dann eine Flüssigkeit gibt, die beim Kochen gerinnt, also natives Eiweiss enthält, anderseits aber auch getrübt oder gefällt wird, wenn man das im Fäulnissprocess gebildete Ammoniak mittelst einer Säure neutralisirt, also neben dem löslichen Eiweiss auch fällbares Eiweiss enthält, und dass in dieser Flüssigkeit schwärzliche Flocken von Schwefeleisen schwimmen. In viel grösserer Menge aber enthält es phosphorsaure Erden, phosphorsauren Kalk, und in geringerer Menge phosphorsaure Magnesia. Man kann ihm dieselben theilweise durch Säuren entziehen. Die phosphorsauren Salze lassen sich nicht durch Wasser auswaschen, auch nicht durch die grössten Mengen von Wasser; es sind also unlösliche, normale phosphorsaure Salze. Es ist nicht wohl anzunehmen, dass diese unlöslichen Salze im lebenden Blute als solche enthalten seien. Das ist ein Punkt, mit dem man rechnen muss, wenn man über die Gerinnung irgend eine chemische Theorie aufstellen will. Es handelt sich nicht darum, dass hier lediglich ein Eiweisskörper ausgeschieden wird, sondern es wird einerseits ein Eiweisskörper ausgeschieden und anderseits normaler phosphorsaurer Kalk und normale phosphorsaure Magnesia, die als solche im Blute nicht enthalten waren. Man muss sich also denken, dass die Körper in anderer gegenseitiger Verbindung gewesen sind, dass Alkalien oder alkalische Erden in Verbindung gewesen sind mit den Eiweisskörpern und diese in Lösung erhalten haben, und anderseits wieder die Phosphorsäure nicht mit dem Kalk, sondern mit irgend einer andern Basis in Verbindung gewesen ist, mit der sie eine lösliche Verbindung bildete.

Das Fibrin selbst wird auf Kosten von nativem Eiweiss im Blute gebildet: denn fällbares Eiweiss ist im Plasma in sehr geringer Menge oder gar nicht enthalten. Wenn man die Fibrinausscheidung durch Salze verhindert, so findet man das ganze Eiweiss im Plasma als lösliches Eiweiss. Wenn man frisch gelassenes Pferdeblut in eine Kältemischung bringt und darin stehen lässt, so senken sich die Blutkörper und man kann das Plasma flüssig abheben. Man theile nun eine Portion solchen Plasmas in zwei gleiche Theile. Den einen säure man mit Essigsäure an, in dem andern bestimme man Fibrin und Eiweiss. Nach vier Stunden neutralisire man den angesäuerten Theil bis zur schwach-sauren

Reaction. Er scheidet dann kein Fibrin mehr aus; aber wenn man ihn mit Wasser verdünnt erhitzt, so scheidet er sein ganzes Eiweiss aus. Die Wage zeigt, dass die Masse dieses Eiweisses ebenso gross ist, wie die von Fibrin und Eiweiss aus dem andern Theile zusammengenommen. Daraus geht hervor, dass das lösliche Eiweiss des Blutplasmas das Material für die Bildung des Fibrins hergegeben hat, oder genauer ausgedrückt, dass das Material zur Fibrinbildung im Plasma in Gestalt von Eiweiss enthalten ist, das seinen Eigenschaften nach zur Gruppe der nativen oder löslichen Eiweisse gehört.

Eichwald ist es gelungen, bei Abschluss der Luft mittelst concentrirter Kochsalzlösung aus dem Blutplasma einen Eiweisskörper abzuscheiden, der in äusserst schwacher Natronlösung gelöst beim Neutralisiren derselben gerann und eine Substanz gab, die sich nach den bisher von ihm angestellten Versuchen vom Fibrin nicht unterscheiden liess. O. Hammarsten hat den freiwillig gerinnenden Theil des Bluteiweisses, den man, so lange er gelöst ist, Fibrinogen nennt, dadurch isolirt, dass er Blut in concentrirter Lösung von Magnesiasulfat auffing und filtrirte. Aus dem Filtrate konnte das Fibrinogen mittelst concentrirter Kochsalzlösung gefällt werden. In grosser Menge kommt das Fibrinogen im Inhalte der Samenblasen des Meerschweinchens vor. In wie weit diese Körper von dem von Eichwald abgeschiedenen verschieden, wie weit sie mit demselben identisch sind, ist noch nicht hinreichend untersucht.

Ueber die nächsten Ursachen der Gerinnung sind vielfache Untersuchungen von Alexander Schmidt angestellt worden. Er machte die wichtige Entdeckung, dass gewisse eiweisshältige Flüssigkeiten, die an und für sich nicht gerannen, dann gerannen, wenn er ihnen eine kleine Quantität frischen Blutes zusetzte. Das Fibrin des Blutes kam dabei nicht in Betracht. Letzteres konnte vorher defibrinirt sein. Transsudate, die die pathologische Anatomie geliefert hatte, Hydrokelenflüssigkeiten, die abgezapft waren, Liquor pericardii von Thieren, der an und für sich keine Neigung zum Gerinnen zeigte, alle diese Flüssigkeiten setzten nach kürzerer oder längerer Zeit Gerinnsel ab, wenn er ihnen eine kleine Quantität von Blut zugesetzt. Die Lymphe gerinnt an und für sich, aber sie gerinnt sehr langsam; Alexander Schmidt fand, dass, wenn er der Lymphe eine kleine Quantität Blut zusetzte, das Gerinnen verhältnissmässig sehr geschwind erfolgte. Es ist also klar, dass im Blute eine Substanz enthalten sei, welche das Gerinnen befördert, eventuell Flüssigkeiten gerinnen macht, welche an und für sich keine Neigung zum Gerinnen zeigen; so, dass man die frühere Eintheilung der Transsudate in albuminöse und fibrinöse modificiren muss. Sie ist in der bisherigen Weise nicht mehr haltbar, weil Transsudate, die man sonst als albuminöse bezeichnet hatte, da sie kein Coagulum setzen, plötzlich gerinnen, wenn man eine kleine Menge defibrinirtes Blut hinzufügt. Als albuminöse Transsudate kann man also hinfort nur solche bezeichnen, die auch dann kein Coagulum geben. Die nächste Frage musste sein: Sind es im Blute die Blutkörperchen oder das Blutserum, welche die Gerinnung hervorrufen? Es zeigte sich, dass das ganze defibrinirte Blut viel besser wirkte als das Blutserum, dass aber das Blutserum auch gerinnenmachende Eigenschaften besitzt. Später fand er, dass man einen gerinnenmachenden Körper aus dem Blutserum darstellen kann, in dem die ganze gerinnenmachende Wirkung

desselben concentrirt ist. Der Weg, den er dabei einschlug, war derselbe, den wir zur Darstellung des Paraglobulins eingeschlagen haben. Dieses Paraglobulin zu Transsudaten hinzugesetzt, hat in hohem Grade die Eigenschaft, sie zum Gerinnen zu bringen. Er wurde hiedurch darauf geführt, im Blute zwei Substanzen anzunehmen, wovon er die eine die fibrinogene, die andere die fibrinoplastische nannte, und durch Vereinigung dieser beiden entsteht nach ihm das Fibrin. Nach ihm scheidet Serum auch bei längerem Stehen kein Fibrin mehr aus, weil es zwar noch fibrinoplastische Substanz enthält, aber keine fibrinogene mehr. Wenn ein Transsudat nicht gerinnt, aber auf Zusatz von Blut gerinnt, so enthielt es zwar noch fibrinogene Substanz, aber es enthielt keine fibrinoplastische Substanz. Wenn man die fibrinoplastische Substanz, die in den Blutkörperchen und im Serum enthalten ist, in Gestalt von Blut oder Paraglobulin hinzusetzt, so tritt Gerinnung, Fibrinbildung ein. Er wurde in dieser Ansicht dadurch bestärkt, dass die Menge des gebildeten Fibrins in einem gewissen Verhältnisse stand zur Menge des Paraglobulins, welches er zugesetzt hatte, so lange er eben mit diesem Zusatze eine gewisse Grenze nicht überschritt. Es musste also eine gewisse Quantität fibrinoplastischer Substanz nöthig sein, um mit der ganzen Menge der fibrinogenen Fibrin zu bilden. Darüber hinaus aber war dann der weitere Zusatz von fibrinoplastischer Substanz unwirksam.

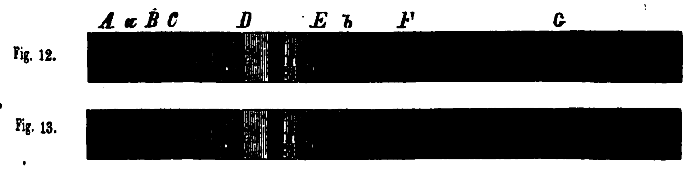
Es war aber schon bei seinen damaligen Versuchen aufgefallen, dass das Paraglobulin nicht immer gleich wirksam, und seine Wirksamkeit auffallend verschieden ist, je nach der Art, wie es bereitet wird. Wenn er das Serum wenig verdünnt hatte, so war das ausgefällte Paraglobulin, welches sich dann nur in verhältnissmässig geringer Menge ausschied, viel wirksamer, als wenn er das Serum gleich mit dem Achtfachen seines Volumens Wasser verdünnte, und nun das Paraglobulin massenhaft herausfiel. Wenn es das Paraglobulin als solches war, wovon die Gerinnung ausschliesslich abhing, so hätte dasselbe immer gleich wirksam sein müssen, gleichviel ob er einen Theil desselben, oder ob er die ganze Masse ausfällte. Es entstand schon damals der Verdacht, dass es nicht das Paraglobulin selbst sei, was die Gerinnung veranlasst, sondern ein anderer mit dem Paraglobulin gefällter Körper, der entweder von ihm mitgerissen oder mit ihm gleichzeitig gefällt wurde. Alexander Schmidt hat sich später gleichfalls dieser Ansicht angeschlossen, aber wir sind bis jetzt noch zu keiner einheitlichen und allgemein anerkannten Theorie der Gerinnung gelangt, da zwischen ihm und Hammarsten, der gleichfalls andauernd über diesen Gegenstand gearbeitet hat, noch so grosse Meinungsverschiedenheiten bestehen, dass das Feld der Untersuchung hier noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann. Bizzozero betrachtet als Ursache der Gerinnung eigenthümliche, sehr vergängliche Plättchen, die er und Andere im Blute mittelst stärkerer Vergrösserungen gefunden und untersucht haben, und mit deren Zerfall seiner Ansicht nach die Gerinnung zusammenhängt. Die Präexistenz dieser Plättchen im circulirenden normalen Blute ist in neuerer Zeit wieder bestritten worden. Aber auch wenn sie sich erst im Beginne des Absterbens bilden, könnten sie doch einen Antheil am Gerinnungsvorgange haben.

Haemoglobin.

Wenn man Blut mit atmosphärischer Luft schüttelt, oder wenn es aus den Lungen zurückkommt und in die Körperarterien fliesst, ist es bekanntlich hellroth. Wenn man es dann in dünne Schichten vertheilt, so sind diese dünnen Schichten auch noch roth, das Roth wird nur blässer und zieht mehr in das Gelbliche. Wenn man dagegen Blut venös werden lässt, so wird es dunkelroth, und nun ist es in dünnen Schichten nicht mehr roth, sondern bouteillengrün. Das kann man auf folgende Weise zeigen. Man zieht eine weite Glasröhre an zwei Stellen dünn aus und leitet eine irrespirable Gasart, Stickgas, Wasserstoff oder Kohlensäure hindurch. Man fängt das austretende Gas in Proben über Quecksilber auf, und wenn es keine atmosphärische Luft mehr beigemengt enthält, schmilzt man die Röhre an den ausgezogenen Stellen ab, jedoch so, dass an der einen Seite ein mässig langer dünner Schnabel stehen bleibt. An diesem Schnabel macht man nicht weit vom freien Ende desselben einen Strich mit einem Diamant, schiebt ihn in das vorher freigelegte Blutgefäss, aus dem man das Blut nehmen will, und befestigt ihn mit einer Ligatur. Dann bricht man den Schnabel durch leichten Druck da, wo man ihn geritzt hat, ab, und nun tritt eine kleine Quantität Blut in die Röhre hinein. Es ist nämlich beim Zuschmelzen die Röhre theilweise erwärmt, und dadurch ein Theil der darin enthaltenen Luft ausgetrieben worden. Die Luft in der Röhre ist also von geringerer Spannung als die ausserhalb der Röhre. Man unterbindet das Blutgefäss am Ende des Schnabels und schneidet das mit diesem verbundene Stück aus. Wenn man nun die Röhre senkrecht stellt, so dass das Blut an den Wänden herunterläuft, so bemerkt man, dass es jetzt in dicken Schichten dunkelkirschroth, aber in dünnen Schichten nicht roth, sondern grünlich ist. Bricht man dann den Schnabel und die Spitze am andern Ende der Röhre ab und bläst Luft durch die Röhre, so dass das Blut wieder Sauerstoff absorbiren kann, so verschwindet die grüne Farbe wieder und macht der gewöhnlichen gelblichrothen des arteriellen Blutes Platz.

Also hier ist das Blut dunkelroth und dichroitisch geworden dadurch, dass man es mit einer irrespirablen Gasart in Berührung gebracht hat. Die Art des Gases, ob es Kohlensäure, Wasserstoffgas, Stickgas ist, ist von untergeordneter Bedeutung: das Dunkelwerden erfolgt auch im luftleeren Raume. Das Dunkelrothwerden, das Kirschrothwerden, das Venöswerden des Blutes hängt also wesentlich nicht vom Gehalte des Blutes an Kohlensäure, sondern davon ab, dass dem Blute Sauerstoff entzogen worden ist. Untersucht man eine Blutlösung, die man mit Luft geschüttelt hat, mit dem Spectroskop, so zeigen sich zwei Absorptionsstreifen, die in Fig. 13 dargestellt sind. Lässt man aber eine solche Lösung längere Zeit im verschlossenen Gefässe stehen, so zeigt sie nur einen Absorptionsstreifen, der in Fig. 12 abgebildet ist, und der, wie man sieht, den Ort des hellen Zwischenraumes einnimmt, der zwischen den beiden in Fig. 13 abgebildeten Absorptionsstreifen lag. Diese Veränderung, so wie die Farbenveränderung des Blutes beruht darauf, dass in letzterem eine Substanz enthalten ist, welche Sauerstoff aufnimmt und denselben in einer lockeren Verbindung bindet. Diese Verbindung aber zerfällt allmälig

wieder, indem der Sauerstoff in andere festere Combinationen eintritt, und die Farbe kann nur durch Zufuhr von neuem Sauerstoffe wieder hergestellt werden. Dieser Zerfall tritt beim Stehen des Blutes im verschlossenen Gefässe ein. Es bildet sich später auch Schwefelwasserstoff, der reducirend wirkt, und man kann denselben Effect auch augenblicklich erzielen, wenn man der Blutlösung etwas Schwefelammonium hinzufügt. Mit dem freiwilligen Venöswerden des Blutes, dem kein Sauerstoff zugeführt wird, hängt es auch zusammen, dass wir unter dem Mikroskope meistens die Blutkörperchen nicht röthlich, sondern grün gefärbt sehen, indem unter dem Deckglase das Blut venös wird. Noch besser kann man dies hervorbringen, wenn man eine kleine mit Blut gefüllte Vene unter das Mikroskop bringt, einen Tropfen Glycerin darauf thut und darüber das Deckglas legt; dann sieht man die verschiedenen Farben, welche das venöse Blut im durchfallenden Lichte zeigt: erstens die grüne Färbung, da wo die Blutkörperchen einzeln liegen, und dann die kirschrothe, da wo die Blutkörperchen mehr gehäuft sind. Die gefärbte Substanz nun, welche in den Blutkörperchen enthalten einen so namhaften Theil ihrer Masse ausmacht und den Farbenwechsel durch Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff bedingt, ist das Haemoglobin oder Haemoglobulin. Es zeigt mit dem Spectralapparate untersucht die optischen Eigenschaften des Blutes selbst. — Fig. 13 zeigt also die Absorptionsstreifen des sauerstoffreichen Haemo-



globins, des sogenannten Oxyhaemoglobins, und Fig. 12 den Absorptionsstreifen des reducirten Haemoglobins. Andere Absorptionsstreifen, und zwar in alkalischer Lösung, solche, wie sie Fig. 14 zeigt, gibt ein



Umwandlungsproduct des Oxyhaemoglobins, das man Methaemoglobin nennt. Es ist, nachdem es im amorphen Zustande schon einige Zeit bekannt war, von Hüfner und J. Otto aus Schweineblut krystallisirt erhalten. Es löst sich in Wasser mit brauner, in Alkalien mit rother Farbe und enthält nicht den auspumpbaren, locker gebundenen Sauerstoff, der charakteristisch ist für das Oxyhaemoglobin. Die darin enthaltene Sauerstoffmenge scheint nach den Versuchen von Hüfner und Külz dieselbe zu sein, aber die Bindung eine festere.

Man erhält das Haemoglobin dadurch, dass man es zum Krystallisiren bringt. In den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts fand Reichert im Uterus eines Meerschweinchens rothe Krystalle, welche von ihm und später von Schmidt in Dorpat näher untersucht wurden, und von denen es sich herausstellte, dass ihre Hauptmasse aus einer den Eiweisskörpern ähnlichen Substanz bestehe, was damals mit Recht das grösste Aufsehen erregte, weil den damaligen Chemikern die Vorstellnng vollkommen fremd war, dass ein Eiweisskörper krystallisiren könne. Wie

wir später sehen werden, war das, was hier krystallisirt war, auch kein Eiweisskörper, aber wohl eine noch höher zusammengesetzte Substanz, welche erst bei ihrer Zersetzung einen Eiweisskörper liefert; es war Haemoglobulin, das bei der Einwirkung von Säuren in Haematin und in einen Eiweisskörper, das Globulin, zerfällt. Später wurden von Funke und von Kunde diese Krystalle dargestellt, wobei es sich zeigte, dass sie aus dem einen Blute leichter, aus dem andern Blute schwerer zu erhalten sind, z. B. leichter aus Meerschweinchenblut als aus dem Blute anderer Säugethiere, aber im Allgemeinen dadurch, dass man einen Blutstropfen eintrocknen lässt, ihn, nachdem er eingetrocknet ist, mit wenig Wasser wieder aufweicht, und dann ein Deckglas darauflegt. Nun trocknet die Blutmasse am Rande ein und schützt dadurch die innere Masse vor dem weiteren Verdunsten, vor dem gänzlichen Austrocknen. So krystallisirt die übrige Flüssigkeit, wenn man Meerschweinchenblut angewendet hat, tetraedrische oder oktaedrische Krystalle, die dem rhombischen Systeme angehören, in grosser Masse ausscheidend. Dem rhombischen Systeme scheinen auch die aus dem Blute anderer Thiere erhaltenen, in ihren Formen zum Theile sehr abweichenden Krystalle anzugehören, nur die aus Eichhörnchenblut fand V. v. Lang hexagonal. Rollet hat später gefunden, dass dieses Eintrocknenlassen und Aufweichen im Wasser lediglich den Zweck hat, die Blutkörperchen zu zerstören. Damit man Krystalle erhält, ist es nothwendig, dass die Blutkörperchen ihr Haemoglobin fahren lassen, so dass es in das Blutplasma, in die umgebende Flüssigkeit übertritt, dann krystallisirt es unter günstigen Umständen. Er zeigte, dass man so auf verschiedenem Wege Blutkrystalle erhalten kann: erstens dadurch, dass man Blut frieren lässt und dadurch die Blutkörperchen zerstört, zweitens dadurch, dass man electrische Schläge durch das Blut leitet, endlich dadurch, dass man das Blut entgast. Stan. von Stein empfiehlt die an den Rändern etwas eingetrockneten Blutstropfen mit Kanadabalsam zu bedecken. Sehr grosse Blutkrystalle erhält man nach Gscheidlen, wenn man in Glasröhren eingeschlossenes Blut längere Zeit im Brütofen aufbewahrt und dann an der Luft ausbreitet. Durch Anwendung von Aether und Alkohol, und indem man bei sehr niedriger Temperatur arbeitet, kann man die Krystalle auch im Grossen darstellen, und es ist auch gelungen, sie umzukrystallisiren. Sie sind nämlich in dem Plasma zwar relativ leicht löslich, aber sie sind in destillirtem Wasser von 0^0 schwer löslich, und sind auch schwer löslich in kaltem schwachem Alkohol. Man kann sie aber leicht löslich machen durch einen kleinen Zusatz von kohlensaurem Ammoniak. Dieses sättigt man wieder durch eine titrirte Phosphorsäurelösung und fügt Alkohol bis zur Wiederausscheidung der Krystalle hinzu. Auf diese Weise hat man sie rein genug erhalten können, um eine Elementaranalyse anzustellen. Man fand an Gewichtsprocenten im Haemoglobin von Hunden 53,9 *C*; 7,3 *H*; 16,2 *N*; 0,4 *Fe*; 0,4 *S* und 21,8 *O*.

Nach Kühne enthält das Haemoglobin indess wahrscheinlich keinen Schwefel. Kühne fand, dass es an Schwefel immer mehr verarmt, je mehr man es reinigt, und endlich hat er es durch Umkrystallisiren so weit reinigen können, dass er nach dem Verbrennen mit kohlensaurem Natron durch Fällen mit Chlorbaryum keinen schwefelsauren Baryt mehr

rhielt, sondern nur noch durch Nitroprussidnatrium eine schwach violette ärbung, wenn er es mit Aetzkali geschmolzen hatte. Das Atomgewicht ; nicht mit Sicherheit bekannt, aber jedenfalls ein sehr hohes.

Haemoglobin färbt eine mit Terpentinöl versetzte alkoholische Guajakung blau. Schönbein und nach ihm Andere benutzten dies zur kennung von Blut. Man schüttelt die zu untersuchende Flüssigkeit mit rpentinöl und etwas Guajaktinctur. Es empfiehlt sich diese Probe durch e Leichtigkeit und Empfindlichkeit sehr für die Untersuchung des rns auf Blut, denn hier hat man den Blutfarbstoff nur von den Harnstoffen, eventuell vom Gallenfarbstoff, zu unterscheiden. Für gerichte Zwecke möchte ich sie als entscheidende Probe nicht empfehlen, l hier, wo man Blut von allen anderen, von allen möglichen Subzen unterscheiden soll, doch ein Irrthum möglich wäre. Ihr ist hier andere Probe, von der wir bald sprechen werden, weit vorzuziehen. nn diese letztere negativ ausfällt, kann die Guajakprobe durch ein chfalls negatives Resultat bekräftigen, dass wirklich kein Blut vorden ist, durch ein positives zu erneueter Untersuchung auffordern.

Das Haemoglobin ist überaus leicht zersetzbar. Es ist nur einigersen haltbar im neutralen und im alkalischen Zustande; sobald Säuren zukommen, zersetzt es sich in Haematin und in einen Eiweisskörper, lcher sich verhält wie das Paraglobulin, und der den Namen Globulin rt. Der Name Globulin wurde von den Blutkörperchen (globulis) hergetet. Man kannte die Zersetzungsproducte Haematin und Globulin viel her als das Haemoglobin oder Haemoglobulin selbst. Der Name Parabulin wurde erst viel später dem Panum'schen Serumcasein wegen ner Aehnlichkeit mit Globulin gegeben.

Das Haematin.

Das zweite Zersetzungsproduct, das unter der Einwirkung von Säuren tsteht, das Haematin, ist tief gefärbt. Man glaubte früher, dass es fertig bildet im Blute enthalten sei. Das Haematin ist zuerst von Lecanu ziemlich reinem Zustande dargestellt worden. Man zieht getrocknetes ut oder Blutkörperchen, die man vorher von dem übrigen Blute, nach ner Methode, die wir später kennen lernen werden, getrennt hat, mit hwefelsäure- oder weinsäurehältigem Alkohol aus. Dadurch bekommt an eine braune Lösung. Zu dieser setzt man Ammoniak, dann färbt e sich schön roth, während zugleich ein Niederschlag entsteht, von m man abfiltrirt. Die ammoniakalische Lösung wird eingedunstet und nn nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen. Das, as zurückbleibt, wird noch einmal in ammoniakalischem Alkohol aufelöst, filtrirt und das Filtrat zum Trocknen abgedampft. Das amorphe hwarze Pulver, welches zurückbleibt, ist das Haematin von Lecanu. n Lösungen verändert es seine Farbe, je nachdem es in saurer oder lkalischer Lösung vorhanden ist. In sauren Lösungen ist es, wie wir hon gesehen haben, braunroth, in alkalischen Lösungen ist es in dünnen chichten meistens grün und in dicken Schichten roth, also in ähnlicher Weise wie das venöse Haemoglobin dichroitisch. Eine saure alkoholische Lösung, die mit Aetzammoniak alkalisch gemacht worden ist, ist nicht dichroitisch, aber sie wird es, wenn sie an der Luft Kohlensäure

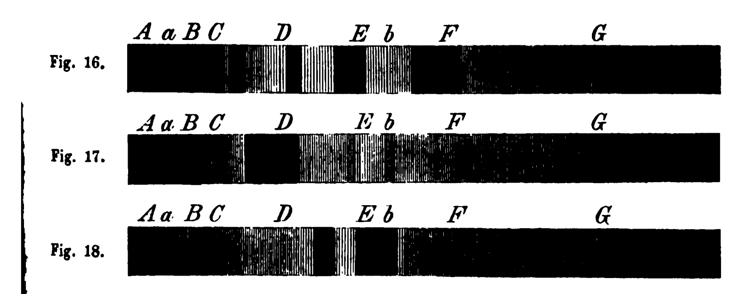
absorbirt. Haematinlösung mit kaustischem oder kohlensaurem Kali oder Natron alkalisch gemacht, ist immer dichroitisch. Auch Blut mit Kali oder Natron gekocht gibt dichroitische Flüssigkeiten. Es ist dies eine Eigenschaft des Blutfarbstoffes, welche eine forensische Bedeutung erlangt hat.

Noch grössere forensische Wichtigkeit hat eine Verbindung des Haematins erlangt, welche man mit dem Namen Haemin belegt. Vor einer Reihe von Jahren fand Teichmann, dass man zierliche, nussbraune Krystalle von der in Fig. 15 dargestellten Form bekommt, wenn man zu Blutpulver eine Spur Kochsalz, dann Eisessig hinzufügt und erwärmt. Er nannte sie Haeminkrystalle. Ihre Winkel betragen nach Högyes 60° und 120° und sie gehören wahrscheinlich dem monoklinischen Systeme an. Man wusste lange nicht, woraus eigentlich diese Haeminkrystalle bestehen, man wusste nur, dass das Haematin ein nothwendiger Bestandtheil sei und die Hauptmasse derselben bilde. Man fand, dass sie bald nur mit Zusatz von Kochsalz in einiger Menge erhalten werden, dass sie aber aus manchem Blute auch ohne Zusatz von Kochsalz erhalten werden. Es stellte sich endlich durch die Untersuchungen von Hoppe-Seyler heraus, dass sie eine Chlorverbindung des Haematins sind. Haemin und Chlorhaematin sind also identische Bezeichnungen, oder vielmehr sie waren es bis vor Kurzem. In neuester Zeit haben Nencki und N. Sieber vorgeschlagen, den Atomcomplex $C_{32}\ H_{30}\ N_4\ Fe\ O_3$, dessen salzsaure Verbindung nach ihnen die Teichmann'schen Krystalle darstellt, als Haemin zu bezeichnen. Beim Auflösen in Alkalien verwandelt sich derselbe nach Nencki und N. Sieber in Haematin, dem sie, abweichend von der später zu erwähnenden Formel von Hoppe-Seyler, die Zusammensetzung $C_{32}\ H_{32}\ N_4\ Fe\ O_4$ zuschreiben. Das krystallisirte Chlorhaematin oder salzsaure Haemin, oder, nach der alten Teichmann'schen Bezeichnung, Haemin, ist deshalb von so grosser Wichtigkeit für die forensische Medicin, weil es bei weitem das beste und sicherste Mittel an die Hand gibt, um auf chemischem Wege Blutflecken von irgend welchen anderen Flecken zu unterscheiden. Wenn sich ein verdächtiger Fleck auf Kleidern, auf Wäsche befindet, so zieht man ein paar Fäden aus, an denen noch etwas von dem Blute sitzt, legt sie auf einen Objectträger, fügt ein ganz kleines Körnchen Kochsalz hinzu und bedeckt mit einem Deckglase. Dann bringt man Eisessig, acidum aceticum glaciale, so lange hinzu, bis der ganze Raum zwischen Deckglas und Objectivträger angefüllt ist, und erwärmt über der Spirituslampe bis der Eisessig siedet. Man geht hiebei am besten so zu Werke, dass man den Objectträger in eine hölzerne oder beinerne Zange fasst, und ihn stets nur kurze Zeit über der Flamme hält, dann zurückzieht, wieder über die Flamme bringt und so fort. Sobald Sieden eintritt, vollendet sich die Reaction. Man bringt nun das Ganze unter das Mikroskop und sieht, wenn Blut zugegen war, dann zahlreiche Krystalle, die bald grösser, bald kleiner ausgefallen sind, und deshalb bald nur eine schwächere, bald eine stärkere Vergrösserung verlangen. Bisweilen ist das Blut wenig eingedrungen, so dass an den herausgezogenen Fäden nur wenig Blut haftet; man thut dann besser, die oberflächlichste Schicht des Fleckes mit einem sehr scharfen Messer, das man nach Art einer Säge bewegt, abzuschälen. Wenn auf Holz, z. B. auf dem Stiele einer Axt, Blut eingetrocknet ist,

Fig. 15.

so schneidet man mit einem Messer ein ganz dünnes Stückchen, auf dem sich eben das Blut befindet, herunter und verfährt damit so, wie man mit den ausgezogenen Fäden verfahren ist. Es ist dies Verfahren dem Abschaben des Blutes vorzuziehen, denn einerseits ist man weniger in Gefahr, Material zu verlieren, andererseits schafft das Spänchen einen grösseren Raum zwischen Deckglas und Objectträger, der eine grössere Menge Eisessig aufnimmt und ihn ruhiger sieden lässt.

Ist aber Blut in Wäsche oder Kleidern, und sind schon Waschversuche gemacht worden, dann hat man an einzelnen ausgezogenen Fäden nicht mehr Blut genug, dann muss man das betreffende Stück ausschneiden, mit wenig Wasser auslaugen, und dieses Wasser unter der Luftpumpe oder doch bei niederer Temperatur eintrocknen. Den Rückstand benützt man, um noch damit die Haeminkrystalle darzustellen. Struve empfiehlt den wässerigen, oder besser mit Jodkaliumlösung bereiteten Auszug mit Tannin und so viel Essigsäure zu versetzen, dass deutlich saure Reaction eintritt. Der entstandene Niederschlag wird auf dem Filter gesammelt und gewaschen und dann zur Darstellung der Krystalle benützt. V. Schwarz zieht gleichfalls mit Jodkaliumlösung aus und fällt mit essigsaurem Zink.



Ist das Blut in Sand, Erde oder Torf infiltrirt, so zieht er mit kaltgesättigter Boraxlösung aus und setzt so lange essigsaures Zink hinzu, als der entstehende Niederschlag noch gefärbt ist.

Beistehend sieht man das Absorptionsspectrum des Haematins in saurer (Fig. 16, nach einer Lösung von Haematin in oxalsäurehaltigem Alkohol) und das Absorptionsspectrum des Haematins in alkalischer Lösung (Fig. 17). Wenn man eine Lösung von Cyankalium auf Blutfarbstoff einwirken lässt und später noch etwas Schwefelammonium hinzufügt, so erhält man das reducirte Haematin von Stokes, dessen charakteristisches Absorptionsspectrum (Fig. 18) in forensischen Fällen mit Nutzen aufgesucht wird.

Wenn man vorher sein Sehfeld untersucht hat, wenn man weiss, dass nichts Aehnliches schon auf dem Objectträger war, so ist die Darstellung der Teichmann'schen Krystalle der allersicherste und unwiderleglichste Beweis, dass man es wirklich mit Blut zu thun habe.

Es kommen aber Fälle vor, wo Blut in einiger Menge vorhanden sein kann, und doch die Darstellung der Teichmann'schen Krystalle nicht gelingt, so z. B. wenn Blut auf eisernen Mordwerkzeugen eingetrocknet ist und sich mit dem Roste des Eisens verbunden hat. Es findet sich dies nicht selten da, wo der Mörder das Mordwerkzeug von sich warf und es dann der Feuchtigkeit der Luft und des Erdbodens ausge-

setzt war. In solchen Fällen benützt man den Dichroismus des Blutfarbstoffes in einer von Heinrich Rose angegebenen Weise. Man schabt den mit Blut gemischten Eisenrost ab, übergiesst ihn in einer Eprouvette mit verdünnter Kalilauge und kocht ihn. Wenn Blut dabei war, nimmt die Kalilauge das Haematin auf und bildet damit eine dichroitische Lösung, eine Lösung, die in dünnen Schichten grün, wie Galle aussieht, dagegen, wenn man durch dicke Schichten derselben nach einer Lichtquelle sieht, roth erscheint.

Als Formel des Haematins wird von Hoppe-Seyler

$$C_{34}\ H_{34}\ N_4\ O_5\ Fe_1$$

angegeben, doch hält er selbst diese Formel noch nicht für ganz sicher, weil es zweifelhaft ist, ob man das Haematin überhaupt schon in vollkommen reinem Zustande in Händen gehabt hat. Hoppe-Seyler und Kühne empfehlen, das Haematin aus dem krystallisirten Chlorhaematin darzustellen. Man kann dasselbe im Grossen auf verschiedenem Wege erhalten; zunächst dadurch, dass man möglichst frisch defibrinirtes Blut mit einer grossen Menge Kochsalzlösung versetzt, die man aus 1 Volum concentrirter Lösung und 10 Volumen Wasser bereitet hat. Die Blutkörperchen setzen sich zu Boden, und die Eiweisskörper bleiben in Lösung. Man giesst von den Blutkörperchen ab, um die grösste Menge der Eiweisskörper zu entfernen. Dann schüttelt man den breiigen Rückstand mit Aether, um die Fette und andere in Aether lösliche Substanzen zu entfernen. Die wässerige Lösung, die man behält, nachdem man den Aether abgehoben hat, dunstet man ein und erwärmt dann langsam mit Eisessig. Es scheiden sich die Teichmann'schen Krystalle aus, und die ausgeschiedenen Krystalle rührt man mit Wasser an, um noch rückständige Eiweisskörper zu entfernen, kocht sie dann wieder mit Essigsäure aus, und dann kann man sie endlich nach einem Verfahren, das von Gwosdew angegeben worden ist, umkrystallisiren. Man löst die Krystalle in absolutem Alkohol, der mit gepulvertem kohlensaurem Kali unter öfterem Umschütteln eine Zeitlang gestanden hat, filtrirt, verdünnt mit dem gleichen Volum Wasser, säuert mit Essigsäure an, sammelt den entstandenen Niederschlag auf dem Filtrum, mischt ihn feucht mit Eisessig und etwas Kochsalz, und erwärmt eine Zeitlang auf dem Wasserbade. Die gebildeten Krystalle werden dann mit Wasser ausgewaschen. Bei diesem Umkrystallisiren erhält man freilich ein Gemenge von Chlorhaematin und Haematin. Dies ist aber für den Zweck von keiner Bedeutung, weil man die Teichmann'schen Krystalle nur darstellen will, um nachher daraus Haematin zu gewinnen.

Eine andere Art der Darstellung besteht darin, dass man in defibrinirtes Blut Potasche einträgt, bis sich ein Brei bildet, den man mit concentrirter Potaschenlösung auswäscht und dann trocknet. Man kocht mit Alkohol aus, filtrirt und fällt das Kali der alkoholischen Lösung mit Weinsäure im Ueberschuss aus. Man dampft auf $\frac{1}{10}$ des Volums ein, lässt stehen, filtrirt und wäscht, presst ab und löst die gewonnene krystallinische Masse in kohlensaurem Ammoniak, verdampft zum Trocknen und erhitzt bis zu 130°. Den Rückstand wäscht man mit siedendem Wasser aus.

Rührt die Farbe des Haematins vom Eisen her? Mulder hat schon das Haematin mit Schwefelsäure angerieben, hat dann Wasser zugesetzt

und gefunden, dass ein noch tiefgefärbter Körper herausfiel, der die Zusammensetzung von eisenfreiem Haematin zeigte; das Eisen war in Gestalt von schwefelsaurem Eisenoxydul in der Lösung enthalten. Dieser Versuch, der eine Zeitlang angezweifelt worden, gelang später wieder Scherer, und in noch späterer Zeit hat Preyer noch auf andere Weise eisenfreies Haematin, und zwar krystallisirt dargestellt. Er nennt es Haematoin. Um es zu erhalten, schüttelt er entchlortes und entfettetes Blut mit Aether und wenig Eisessig, hebt die ätherische Lösung ab und lässt langsam über Aetzkali verdunsten. Ja Preyer ist sogar der Meinung, dass in sauren Lösungen überhaupt kein eisenhältiges Haematin existire, sondern dass, sobald das Haematin in Lösung der Einwirkung einer Säure unterliege, sich die Säure mit dem Eisen verbinde, und das eisenfreie Haematin (Haematoin) für sich gelöst sei; wenn dagegen die Lösung alkalisch gemacht wird, verbindet es sich nach seiner Ansicht wiederum mit dem Eisen.

Anderweitige Bestandtheile des Blutes.

Wir haben noch von einigen Bestandtheilen des Blutes zu sprechen, welche darin in verhältnissmässig geringer Menge vorkommen, und die wir deshalb nicht in der ausführlichen Weise behandeln wie diejenigen Körper, von denen wir bisher gesprochen haben. Die meisten von ihnen werden wir bei anderen Gelegenheiten noch näher kennen lernen.

Vor einer Reihe von Jahren stellte Liebreich einen krystallisirten Körper aus dem Gehirne dar, den er Protagon nannte, und nach nicht langer Zeit wurde dieses Protagon auch als in den Blutkörperchen vorkommend bezeichnet. Spätere Untersuchungen über das Protagon haben wieder Zweifel darüber erregt, ob es ein chemisches Individuum, oder ob es ein Gemenge sei. Diakonow und Strecker sind bei ihren Untersuchungen zu dem Resultate gekommen, dass dieses Protagon ein Gemenge aus Lecithin und Cerebrin sei. Das Cerebrin ist eine Substanz, die Frémy zuerst aus dem Gehirn darstellte und Acide cerebrique nannte. Das Lecithin war zuerst von Gobley aus dem Dotter des Hühnereies dargestellt worden. Es war, wie die späteren Untersuchungen gezeigt haben, anzusehen als saures glycerinphosphorsaures Neurin, in dem zwei Atome Wasserstoff der Glycerinphosphorsäure durch die Radicale von fetten Säuren, von Stearinsäure oder Oelsäure oder von beiden, ersetzt waren. Neurin wieder war eine Base, die sich als identisch erwiesen hat mit der früher unter dem Namen Cholin dargestellten Substanz. In neuerer Zeit aber sind Gamgee und Blankenhorn wieder für die Existenz des Protagons als chemisches Individuum eingetreten und haben Liebreich's Angaben bestätigt. Ihr Protagon war aber nicht aus Blut, sondern, wie das Liebreich's, aus Hirn dargestellt, so dass ihre Untersuchungen keinen directen Aufschluss über die fragliche Substanz im Blute geben. Es muss deshalb noch zweifelhaft bleiben, ob dieselbe in der That Protagon, oder wie man, als an der Existenz des Protagons gezweifelt wurde, allgemein glaubte, Lecithin sei.

Es kommt ferner im Blute Cholesterin vor, dann eine Reihe von Fetten, die man nicht näher kennt. Sie sind an und für sich nie untersucht worden, sondern nur das Menschenfett im Allgemeinen. Von ihm

weiss man, dass es ein Gemenge von Glycerinfetten ist, und von Heintz sind Stearinsäure, Palmitinsäure und Oelsäure als fette Säuren derselben aufgefunden worden. Ausserdem fand Lerch im Menschenfett Glyceride von flüchtigen fetten Säuren. Sie sind nach Ludw. Langer's in E. Ludwig's Laboratorium ausgeführten Untersuchungen im Fette neugeborener Kinder in grösserer Menge enthalten, als in dem Fette Erwachsener. Ersteres hat auch einen höheren Schmelzpunkt, weil es im Verhältniss zu den festen fetten Säuren, Stearin- und Palmitinsäure, weniger Oelsäure enthält. Die Blutfette erleiden auch, wie das Körperfett überhaupt, Veränderungen je nach der Nahrung, wie man dies aus Versuchen an Thieren weiss. Man hat an Thiere Fette verfüttert, deren Säuren in ihrem Fette sonst nicht vorkamen, und diese fetten Säuren später aus dem abgelagerten Fette der getödteten Thiere wieder erhalten. Dann kommt in den Blutkörperchen wahrscheinlich fertig gebildet noch ein Eiweisskörper vor, über den man auch nichts Näheres weiss. Dann kommt Zucker im Blute vor, dann Harnstoff und andere Bestandtheile des Harns in geringer Menge, und eine Anzahl verschiedener Bestandtheile, die zum Theil mit der Nahrung, die eingenommen worden ist, wechseln. Ausserdem kommen anorganische Bestandtheile vor, Salze, deren Säuren und Basen wesentlich dieselben sind, wie sie im ganzen Körper verbreitet sind, Natron, Kali, Kalkerde, Magnesia, in geringer Menge auch Lithion und Mangan, angeblich auch Spuren von Kupfer und Blei, die aber nicht immer vorhanden zu sein scheinen. Vom Eisen ist die Hauptmasse Bestandtheil des Haemoglobins, aber auch das Plasma ist nicht frei davon. Die wichtigsten Säuren, welche vorkommen, sind die Kohlensäure, die Phosphorsäure, die Schwefelsäure, endlich Salzsäure, insofern als man die gelösten Chlorverbindungen im Blute als salzsaure Salze ansehen will; in demselben Sinne auch Spuren von Flusssäure.

Unsere Kenntniss von den anorganischen Bestandtheilen des Blutes stammt zum grössten Theile aus Untersuchungen über die Blutasche, beziehungsweise die Serumasche. Man muss aber stets vor Augen haben, dass sich bei der Verbrennung neue Verbindungen bilden, und so die gleichnamigen bereits im Blute enthaltenen vermehren können. So bildet sich ausser Kohlensäure, die aber ganz oder grösstentheils ausgetrieben wird, Schwefelsäure und Phosphorsäure bei der Verbrennung des Eiweisses und des Lecithins, und durch die Verbrennung des Haemoglobins bildet sich Eisenoxyd.

Quantitative Zusammensetzung des Blutes.

Es kann sich nicht darum handeln, alle Bestandtheile des Blutes einzeln abzuscheiden und quantitativ zu bestimmen, es handelt sich immer nur darum, gewisse Hauptbestandtheile in ihren Mengen zu erkennen. Es handelt sich darum, die relative Menge der Blutkörperchen, die relative Menge des Eiweisses, die relative Menge des Fibrins, welches ausgeschieden wird, die relative Menge des Wassers und endlich auch die relative Menge der Salze und der Fette zu erkennen. Für uns ist es in Rücksicht auf die pathologische Zusammensetzung des Blutes am wichtigsten, die relativen Verhältnisse von Blutkörperchen, von Fibrin, von Eiweiss und von Wasser zu bestimmen. Das Fibrin wird, wie wir gesehen

haben, aus dem Blute durch Schlagen erhalten. Man bedient sich dazu, wenn man quantitative Bestimmungen machen will, eines in einen Haken umgebogenen Platindrahtes oder eines in einen Haken umgebogenen Glasstabes, weil man am reinlichsten damit arbeitet. Es wird angegeben, man solle das Fibrin auf dem Filtrum mit Wasser auswaschen. Das gelingt aber nur einigermassen gut in der kalten Jahreszeit; in der warmen Jahreszeit erleidet man, wenn man nicht auf Eis arbeitet, immer einen nicht unbeträchtlichen Verlust. Das Fibrin fängt an, sich zu zersetzen und wird dann im Wasser löslich. Wenn man das Waschwasser untersucht, so findet man, dass man niemals mit dem Auswaschen zu Ende kommt, man findet immer, dass Eiweiss vorhanden ist, welches zuletzt nicht mehr vom Blutserum herrührt, sondern von Eiweiss, das sich durch Wiederauflösen des Fibrins gebildet hat. Man thut deshalb besser, das ganze Fibrin in ein feines, aber starkes und dichtes Tuch einzubinden, es mit diesem Tuche unter Wasser auszuwaschen und zuletzt vorsichtig auszukneten: dann kann man in einer Viertelstunde das ganze Fibrin gereinigt haben, so dass man weiter keine Zersetzung zu fürchten hat. Man sammelt es dann mit der Pincette sorgfältig und mit Zuhilfenahme einer Lupe von der inneren Oberfläche des Tuches ab, kocht es mit Alkohol und dann mit Aether aus, trocknet bei 110°, lässt im Trockenraume über Schwefelsäure erkalten und wägt rasch im bedeckten Gefäss. Es sind diese Vorsichtsmassregeln nothwendig, weil das trockene Fibrin vielleicht mehr noch als die anderen trockenen Eiweisskörper hygroskopisch ist.

Man kann das Fibrin auch dadurch bestimmen, dass man den in Stücke zerschnittenen Blutkuchen auswäscht. Dann erhält man etwas grössere Zahlen. Es beruht dies darauf, dass der Blutkuchen eine Menge farbloser und farbiger Blutkörperchen einschliesst. Beim Auswaschen wäscht man zwar die löslichen Bestandtheile vollständig aus, aber das Stroma geht nicht oder nicht vollständig mit, so dass es hinterher mit dem Fibrin gewogen wird. Doch sind die hierdurch bedingten Unterschiede sehr gering und können vernachlässigt werden gegenüber anderen unvermeidlichen Differenzen. Es war schon früheren Beobachtern aufgefallen, dass, wenn man eine Blutportion in zwei Theile theilt, die eine Hälfte mitunter mehr Fibrin gibt als die andere. Man hatte darüber experimentirt, welche Einflüsse hier wirksam seien. Man glaubte, dass einerseits die Temperatur, anderseits die Bewegung oder Ruhe des Blutes vor und während des Gerinnens einen entschiedenen Einfluss auf die Fibrinmenge übten. Vor einer längeren Reihe von Jahren hat Sigmund Mayer hier im Laboratorium diesen Gegenstand wieder aufgenommen. Es wurde, um das Blut zu nehmen, eine gabelig getheilte Röhre in das Blutgefäss eingebunden, und dann mittels dieser Röhre das Blut gleichzeitig in zwei verschiedenen Gefässen aufgefangen. Es musste also hier das Blut in beiden Gefässen gleich zusammengesetzt sein. Nichtsdestoweniger waren die Fibrinmengen, welche erhalten wurden, ungleich, und zwar traten Unterschiede auf, die ganz unmöglich aus Versuchsfehlern, aus Ungenauigkeiten herzuleiten waren. Das Merkwürdigste aber war, dass sich gar keine Ursache für diese Unterschiede auffinden liess, dass manchmal Blutportionen, welche auf verschiedene Weise behandelt worden waren, von denen die eine in der Kälte gewesen, die

andere auf 45° erwärmt, ziemlich gleiche Fibrinmengen gaben, und ein ander Mal wieder grosse Differenzen zeigten. So gab ein Versuch in dem gekühlten Blute 0,349 pCt. Fibrin, im erwärmten 0,351 pCt., während in einem andern ganz ähnlichen Versuche das gekühlte Blut 0,557 pCt. gab, das erwärmte 0,465 pCt. In einem Versuche ergaben geschlagenes und in Ruhe geronnenes Blut ganz gleiche Fibrinmengen, während in einem andern das geschlagene und wiederum in einem andern das in Ruhe geronnene Blut eine bedeutend grössere Fibrinmenge ergab. In ganz gleich behandelten Blutportionen zeigten sich Differenzen bis zu 0,045 pCt., so dass aus den zwanzig angestellten Versuchen nichts als die allgemeine Unsicherheit der Fibrinbestimmungen erschlossen werden konnte.

Ein anderer Bestandtheil des Blutes, der einer genauen Bestimmung kaum geringere Schwierigkeiten entgegensetzt, sind die Blutkörperchen. Die älteste Art, die Blutkörperchen zu bestimmen, besteht darin, dass man sie auf dem Filter sammelt und wägt. Das ist die Methode von Dumas. Man mischt das durch Schlagen defibrinirte Blut mit dem dreifachen Volum einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron, dann verschrumpfen die Blutkörperchen. Das Blut wird dabei hellroth, weil die verschrumpften Körper von ihrer Oberfläche mehr Licht reflectiren, aber die Farbe ist nicht die des arteriellen Blutes, sondern mehr ziegelroth. Die unveränderten Blutkörperchen sind, wie wir früher gesehen haben, im hohen Grade schlüpfrig und haben im hohen Grade das Vermögen, ihre Form zu verändern. Sie gehen deshalb auch durch die Maschen des Filtrums hindurch. Wenn man frisches geschlagenes Blut auf das Filtrum bringt, so gelingt es niemals, das Serum abzufiltriren. Wenn die Blutkörperchen aber vorher in der erwähnten Weise zum Schrumpfen gebracht worden sind, dann haben sie eine gewisse Starrheit und Sprödigkeit und fangen sich in den Maschen des Filtrums. Anfangs geht das Serum röthlich durch, dann aber klärt es sich, und man kann ziemlich alle Blutkörperchen auf dem Filtrum sammeln und mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron auswaschen. Im Filtrat und der Waschflüssigkeit hat man dann das ganze Serumeiweiss und kann es mit Leichtigkeit durch Coagulation bestimmen. Die Blutkörperchen auf dem Filtrum sind aber dann mit der Lösung von schwefelsaurem Natron imprägnirt; diese muss man herauswaschen. So lange die Blutkörperchen selbst wieder aufquellen würden, so lange darf man nicht mit Wasser waschen. Man nimmt daher das Filtrum und taucht es in eine siedendheisse Lösung von schwefelsaurem Natron, oder coagulirt auf andere Weise durch Wärme auf dem Filtrum. Dann wäscht man mit Wasser das schwefelsaure Natron heraus. Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man die Blutkörper, nachdem sie mit der Salzlösung gewaschen sind, mit destillirtem Wasser durchs Filtrum hindurchwäscht, die so erhaltene Lösung auf 100° erwärmt, filtrirt, und den Niederschlag mit Wasser auswäscht. Man bekommt nur die Substanzen, die sich mit Glaubersalzlösung nicht auswaschen lassen, und die schon unlöslich sind oder durch Erwärmen in den unlöslichen Zustand übergeführt werden. Absolute Zahlen kann man auf diesem Wege also nicht erhalten, wohl aber relative Zahlen, und auf diese kommt es zumeist an. Man will Blut von Individuen, die an verschiedenen Krankheiten leiden, untereinander und mit dem Blute gesunder Menschen vergleichen

Eine andere Methode der Bestimmung der Blutkörperchen hat Vierordt angegeben. Er schlägt vor, man solle die Blutkörperchen zählen. Es ist dies zwar etwas mühsam, aber in der That ausführbar. Vierordt nimmt ein capillares Glasröhrchen und saugt in dieses eine kleine Quantität Blut ein, so dass sich darin ein Säulchen von Blut befindet. Die Länge des Säulchens misst er unter dem Mikroskope, und er misst auch den Durchmesser seines Röhrchens; dann kennt er das Blutvolum, welches er im Röhrchen hat. Nun bläst er es auf ein Glas, welches mikrometrisch in Quadrate eingetheilt ist, zieht dann mit dem Röhrchen etwas Salz oder Zuckerlösung auf, und lässt die aufgezogene Flüssigkeit auf das Blut fallen, um so alle Blutkörperchen zu erhalten. Er zählt das Areal in Quadraten aus, über welches sich der Bluttropfen verbreitet, und zählt dann in einzelnen Quadraten probeweise die Menge der Blutkörperchen, die darin enthalten sind. Dann bringt er durch Multiplication die ganze Menge der Blutkörperchen näherungsweise heraus. Diese Methode hat unzweifelhaft den Vortheil, dass sie mit einer äusserst geringen Menge von Blut ausgeführt werden kann, mit einer Menge, die man von jedem gesunden oder kranken Menschen nehmen kann. Andererseits liegt aber eine Schwierigkeit darin, dass man eine kleine Quantität Blut nimmt, indem wenig Garantie vorhanden ist, dass die Blutkörperchen in diesem Blute in derselben relativen Menge vorhanden sind, wie im Gesammtblute. Weil man zum Zählen nur einer so kleinen Blutprobe bedarf, ist es namentlich für ärztliche Zwecke zur Feststellung der Diagnose und Prognose methodisch ausgebildet worden. Potain, Gowers und Malassez haben dazu beigetragen. Das Wesentliche besteht darin, eine kleine, genau gemessene Blutprobe mit einem grösseren Volum einer Flüssigkeit von etwas, aber nur wenig geringerem specifischen Gewicht als die Blutkörperchen, welche die letzteren conservirt, gleichmässig zu mischen, dann von diesem Gemisch wiederum eine genau gemessene Probe zu nehmen und die darin enthaltenen Blutkörperchen zu zählen. Eigens hiezu angegebene Apparate sollen dazu dienen, dies in möglichst vollkommener und zweckmässiger Weise auszuführen. In einem Kubikmillimeter normalen Menschenblutes sind etwa fünf Millionen Blutkörperchen enthalten.

Man hat auch versucht, die Blutkörperchen indirect durch Rechnung zu bestimmen. Dies ist aber nur dann möglich, wenn man weiss, wie viel feste Bestandtheile und wie viel Wasser in den Blutkörperchen enthalten ist. Mit absoluter Genauigkeit kann man begreiflicher Weise das nicht wissen. Denn wenn das Serum verdünnt wird, so hat dies eine Rückwirkung auf die Blutkörperchen, sie müssen vom Serum Wasser anziehen, das Verhältniss der festen Theile muss ein geringeres werden; umgekehrt, wenn das Serum concentrirt wird, wird den Blutkörperchen Wasser entzogen, und die relative Menge der festen Theile wächst. Man hat aber doch durch eine Reihe von Versuchen die mittlere Menge der festen Bestandtheile zu bestimmen gesucht, und C. Schmidt ist zu dem Resultate gekommen, dass die Blutkörperchen aus einem Theile fester Substanz und aus drei Theilen Wasser bestehen. Unter dieser Voraussetzung lässt sich die Menge der Blutkörperchen indirect bestimmen. Man nimmt zwei Blutportionen, nicht nach einander, weil man dann Gefahr läuft, dass sie ungleich zusammengesetzt sind, sondern gleichzeitig, indem man

sie in einem Trichter, der einen gabelig getheilten Ausfluss hat, auffängt, und so in zwei verschiedene Gefässe leitet. Die beiden Blutportionen werden gewogen, und die eine wird geschlagen, um das Fibrin zu bestimmen. Die andere Portion bedeckt man und lässt sie ruhig stehen; sie gerinnt, und der Blutkuchen stösst eine Quantität Serum aus. Dann hebt man zunächst eine Portion möglichst reinen Serums ab, und trennt dann den Blutkuchen von dem noch übrigen Serum. Der Blutkuchen und die Serumportion werden einzeln gewogen. Dann wird der Blutkuchen im Wasserbade zum Trocknen eingedunstet und der Rückstand gewogen. Das gefundene Gewicht wird von dem des feuchten Blutkuchens abgezogen, um die Menge des verdunsteten Wassers zu finden. Ebenso ermittelt man das Gewicht der festen Bestandtheile und des Wassers in der Serumprobe. Man hat dann folgende Daten aus der einen Blutmenge *(A)*: *a)* den Rückstand des Blutkuchens, *b)* das Wasser desselben, *c)* Rückstand der Serumprobe, *d)* Wasser derselben. — Aus der andern Blutmenge *(B)* hat man das Fibrin bestimmt, und daraus kann man, da man die erste Blutportion *A* gewogen hat, und ebenso die Blutportion *B*, die Menge des Fibrins in *A* finden. Diese Menge soll f sein. Nun werden wir noch eine Hilfsgrösse g einführen. Dieses soll den Rückstand des Serums bedeuten, welches noch im Blutkuchen enthalten ist. Der trockene Rückstand des Blutkuchens a muss gleich sein der Menge des Fibrins f, vermehrt um den trockenen Rückstand des Serums, das im Blutkuchen enthalten ist, g, mehr dem trockenen Rückstand der Blutkörperchen, den wir eben suchen und daher mit x bezeichnen wollen, also ist

$$\text{(I)} \quad a = f + g + x.$$

Die Grössen f und a sind bekannt, aber g nicht, es muss erst durch bekannte Grössen ausgedrückt werden, um x bestimmen zu können. Nun ist es klar, dass das Wasser in der Serumprobe sich zum Rückstande in der Serumprobe ebenso verhält, wie sich in dem Serum des Blutkuchens das Wasser zum Rückstande verhält. Dieses Wasser des Blutkuchens ist aber gleich dem ganzen Wasser des Blutkuchens, vermindert um das Wasser, welches in den Blutkörperchen enthalten. Das ganze Wasser des Blutkuchens war b und das Wasser in den Blutkörperchen ist nach unserer Voraussetzung $3\,x$, da ja die Blutkörperchen aus einem Theile fester Substanz und drei Theilen Wasser bestehen sollen. Also ist das Wasser des Serums gleich $b - 3\,x$. Ich habe demnach

$$\frac{c}{d} = q = \frac{g}{b - 3\,x}$$

$$\text{also } g = q\,(b - 3\,x)$$

$$\text{und aus (I) } a = f + q\,(b - 3\,x) + x.$$

Diese Gleichung braucht man nur nach x aufzulösen, um das Gewicht der trockenen Blutkörper daraus zu berechnen. Diesen Werth habe ich dann nur mit 4 zu multipliciren, um das Gewicht der feuchten Blutkörperchen, wie sie im Blute vorkommen, zu finden.

Es kann dies Verfahren auch noch benützt werden, um die Menge des Serumeiweisses zu ermitteln. Man nimmt ausser der erwähnten Serumprobe noch eine zweite, die gleichfalls gewogen wird, man verdünnt mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron oder von Kochsalz, säuert an

coagulirt, wäscht aus, extrahirt mit Alkohol und Aether, und wäscht und trocknet. Darauf berechnet man das Eiweiss im Gesammtserum, indem man die Menge desselben so ermittelt, dass man zum Gewichte des ausgestossenen Serums das des im Blutkuchen zurückgebliebenen addirt. Letzteres ist nach dem obigen

$$= g + b - 3\,x\,(q - 1)\,(b - 3\,x).$$

Man kann endlich alle diese Bestimmungen an einer Blutportion machen, indem man das Fibrin (f) durch Auswaschen des gewogenen Blutkuchens bestimmt, alles Waschwasser sammelt, zum Trocknen verdampft, dann noch das Alkohol- und Aetherextract hinzufügt und gleichfalls zum Trocknen verdampft. Das Gewicht des Rückstandes vermehrt um das Gewicht des Fibrins (f) gibt dann die Grösse a, und durch Subtraction derselben vom Gewichte des feuchten Blutkuchens erhält man wieder b. Dies alles geht ganz vortrefflich, so lange man sich auf diesen sogenannten Schmidt'schen Coefficienten verlassen kann. Ueber diesen ist man aber keineswegs vollständig einig, indem z. B. Hoppe-Seyler annimmt, dass die Menge des Wassers nicht dreimal, sondern zweimal so gross sei als die Menge der festen Substanzen in den Blutkörperchen. Möglicher Weise liegt der mittlere Werth zwischen diesen beiden. Das beschriebene Verfahren hat aber doch den Werth, dass es bei leichter Ausführbarkeit unter sich vergleichbare Resultate, gute relative Werthe gibt, wenn man nicht annehmen will, dass der Wassergehalt der Blutkörper so grossen Schwankungen unterliegt, dass dadurch das ganze Verfahren illusorisch wird, eine Annahme, die bei der indirecten Art und Weise, in der der Coefficient das Resultat beeinflusst, nicht gerade wahrscheinlich ist.

Man hat weiter vorgeschlagen, die Menge der Blutkörperchen aus der Menge des Fibrins zu berechnen, welches man einmal aus dem Gesammtblute und das andere Mal aus dem Blutplasma erhält. Man soll zwei Blutportionen nehmen, die eine kaltstellen, damit die Blutkörperchen Zeit haben, sich zu senken, ehe das Blut gerinnt, dann soll man das klare Plasma abheben und aus demselben das Fibrin bestimmen. Zweitens soll man aus der andern Portion das Fibrin bestimmen und hieraus nach der aus dem Plasma erhaltenen Ziffer die Menge des Plasma in dieser Blutportion berechnen. Wenn man von ihrem Gewichte das berechnete Plasmagewicht abzieht, so würde der Rest das Gewicht der feuchten Blutkörper sein. Das würde gewiss ein vorwurfsfreies Verfahren sein, wenn eben wirklich genaue Fibrinbestimmungen möglich wären. So aber, wie die Sachen nach dem oben Mitgetheilten stehen, kann man es nicht empfehlen, zumal da bei der kleinen Fibrinmenge, die man erhält, jeder Fehler sich durch die Multiplication so sehr vergrössert. Man hat ferner vorgeschlagen, die Menge der Blutkörperchen aus der färbenden Kraft des Blutes zu bestimmen, mit anderen Worten aus der Menge des Haemoglobins, welches darin enthalten ist. Man hat dann auch vorgeschlagen, das Eisen zu bestimmen, weil dieses hauptsächlich im Haemoglobin enthalten ist, aus der Menge des Eisens auf die Menge des Haemoglobins, von dieser auf die der Blutkörperchen zurückzuschliessen. Das Gewicht des Eisens beträgt aber nur 0,42 pCt. vom Gewichte des Haemoglobins, so dass sich der gemachte Fehler auf das Haemoglobin übertragen mit 228,57 multipliciren würde. Ausserdem leiden alle diese Methoden an einem

Uebelstande, daran, dass sie die Voraussetzung machen, ein gleiches Gewicht von Blutkörperchen enthalte immer die gleiche Menge von Haemoglobin. Diese Voraussetzung trifft nicht zu. Es hat sich bei Untersuchungen, die im Laboratorium von Stricker angestellt wurden, gezeigt, dass das Blut bei Chlorotischen nicht blass ist, eine geringere färbende Kraft hat, weil darin zu wenig Blutkörperchen enthalten sind, sondern deshalb, weil zwar die normale Menge von Blutkörperchen darin enthalten ist, aber die einzelnen Blutkörperchen weniger Haemoglobin enthalten als im normalen Blute. Alle diese Methoden haben also nur einen Werth, wenn man sich vorsetzt, das Haemoglobin oder das Eisen im Blute zu bestimmen; sie haben aber keinen Werth, wenn man den Zweck hat, das Gesammtgewicht der feuchten oder trockenen Blutkörperchen als solches zu bestimmen. Da das Haemoglobin einen bedeutenden und dabei wechselnden Bruchtheil vom Gewichte der Blutkörperchen ausmacht, so darf man nicht mehr annehmen, dass die Zahlen des Haemoglobins verschiedener Blutproben sich unter einander verhalten wie die Gewichte der feuchten, oder wie die Gewichte der trockenen Blutkörper. Hoppe-Seyler hat deshalb noch eine Methode angegeben und in seinem Handbuche der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse beschrieben, die diese Fehlerquelle durch Controle des Haemoglobingehaltes der Blutkörper zu umgehen sucht. Der relative Haemoglobingehalt seinerseits, der an sich ein grosses Interesse für ärztliche Zwecke hat, wird für diese in der Regel auf colorimetrischem Wege untersucht. Es wird bestimmt, mit wie viel Wasser man verdünnen muss, um für eine Schicht von gegebener Dicke ein Roth von gegebener Tiefe zu bekommen.

Nach diesen ziemlich traurigen Aufschlüssen, welche wir bekommen haben, könnte es fast scheinen, als ob überhaupt die Blutanalyse werthlos sei. Es ist dies jedoch keineswegs der Fall, weil die Schwankungen gerade bei den Bestandtheilen, die wir bis jetzt besprochen haben, in Krankheiten so bedeutend sind, dass sie trotz der Mängel unserer analytischen Methoden nichtsdestoweniger mit Deutlichkeit und Sicherheit wahrgenommen werden können. Wenn z. B. die bestimmte Fibrinmenge selbst nur $\frac{3}{5}$ derjenigen betragen sollte, die sich unter uns unbekannten günstigeren Umständen aus demselben Blute hätte ausscheiden können, so würde dies noch nicht einen pathologischen Zustand verdecken können, bei welchem zwei-, drei-, viermal so viel Fibrin im Blute enthalten ist, als im normalen Zustande. Ebenso ist es auch mit den Blutkörperchen, bei deren Ziffern solche Schwankungen vorkommen, dass sie trotz der Mängel unserer Methode leicht erkannt werden.

Ausser den erwähnten Bestandtheilen bestimmt man noch die Fette, indem man mit Aether auszieht, und das, was sich eben im Aether löst, als Fett verrechnet. Man bestimmt endlich die sogenannten Extractivstoffe, worunter man die Stoffe versteht, die keinen Namen haben, und von denen man nichts weiss. Wenn man die Körper und ihre Eigenschaften näher kennen lernt, so hören sie auf Extractivstoffe zu sein; sie bekommen einen Namen und werden, sobald unsere Kenntnisse dazu ausreichen, an einem oder dem anderen Orte des chemischen Systems eingereiht. Endlich bestimmt man noch die Salze, indem man das Blut einäschert, und zwar entweder die Salze des Gesammtblutes, oder die Salze des Serums, letztere, indem man eine Portion Serum einäschert. Die Menge derselben

wird sehr verschieden angegeben, von 6 bis 12 pro mille. Auch über die Zusammensetzung gehen die Angaben weit auseinander. Indess stimmen sie in den folgenden Punkten überein: Bei weitem die Hauptmasse bilden die Natronsalze, dann folgen der Menge nach die Kalisalze, dann die des Kalkes und dann die der Bittererde. Wenn man nach den Säuren ordnet, so sind nächst den Chlormetallen in der Asche am reichlichsten vorhanden die phosphorsauren, in viel geringerer Menge die schwefelsauren Salze.

Es ist schon früher erwähnt worden, dass die beiden eben genannten Säuren theilweise erst beim Einäschern entstanden sind. Přibram hat in neuerer Zeit in Ludwig's Laboratorium Phosphorsäure und Kalkerde direct aus dem Serum gefällt. Den Kalk erhielt er in derselben Menge wie aus der Asche, die Phosphorsäure aber in beträchtlich geringerer. Um eine Vorstellung von der Zusammensetzung des Gesammtblutes zu geben, will ich Ihnen aus Valentin's Lehrbuch der Physiologie die Mittelzahlen mittheilen, welche Becquerel und Rodier gefunden haben. Es sind dies zwar relativ alte Bestimmungen, aber die Mittel sind aus einer grossen Menge von Versuchen genommen worden.

Bestandtheile	in 100 Theilen	
	Mann	Frau
Wasser	77,9	79,11
Fester Rückstand	22,1	20,89
Blutkörperchen	14,11	12,72
Eiweiss	6,94	7,05
Faserstoff	0,22	0,22
Fette	0,16	0,16
Extractivstoffe und Salze	0,68	0,74

Die Mittelzahlen, welche Moleschott in seiner Physiologie der Nahrungsmittel aus sämmtlichen ihm vorliegenden Angaben verschiedener Beobachter berechnet, entfernen sich davon nicht weit, sie lauten:

	in 1000 Theilen
Eiweiss	67,06
Fibrin	2,23
Trockene Blutkörper	130,88
Fett	3,67
Extractivstoffe	4,17
Salze	7,72

Auffallend ist Jedem, der eine solche Tabelle zum ersten Male sieht, die ausserordentlich geringe Menge des Fibrins. Das Fibrin macht die ganze Masse des Blutes zu einer compacten Gallerte gestehen, man glaubt, es müsste die Hauptmasse des Blutes sein, und doch bildet es getrocknet und gewogen einen verhältnissmässig so geringen Bruchtheil.

Blut in Krankheiten.

In Krankheiten kommen sehr auffallende Abweichungen von den vorher gegebenen Mittelzahlen vor. Die am besten studirte ist diejenige, welche sich in den acuten Entzündungen, und zwar in ihrem höchsten

Grade in der Pneumonie und Pleuritis findet. Es ist dies das sogenannte entzündliche Blut. Bei ihm ist das Fibrin vermehrt und die Menge der Blutkörperchen vermindert. Damit hängen auch die Eigenschaften zusammen, welche solches Blut zeigt, nachdem es aus der Ader gelassen worden ist. Solches Blut gerinnt im Allgemeinen langsam. Es geschieht dies nicht immer, aber in der Regel, und bisweilen ist die Gerinnung in ganz ungewöhnlicher Weise verlangsamt. Man darf nicht glauben, dass Blut, das reich an Fibrin ist, schnell gerinnt; es gerinnt im Gegentheile im Allgemeinen langsam, und umgekehrt, das Blut, das arm an Fibrin ist, gerinnt im Allgemeinen rasch. Wenn man ein Thier verbluten lässt, so gerinnen die letzten Blutportionen, welche ausfliessen, und die in der Regel ärmer an Fibrin sind, viel schneller als die Blutmengen, welche zuerst ausgeflossen sind. Ja zuletzt gerinnt das Blut oft so schnell, dass es beim Herabfliessen einen Haufen macht, dass es nicht Zeit hat zum Auseinanderfliessen, sondern unmittelbar beim Ausfliessen gerinnt. Da das Blut der Entzündungskranken langsam gerinnt, so haben die Blutkörperchen Zeit sich zu senken. Sie senken sich aber auch an und für sich schneller als im normalen Blute. Die Blutkörperchen haben im Allgemeinen auch im gesunden Blute die Neigung, sich in Formen von Geldrollen aneinanderzulegen, sich zu Säulchen zu vereinigen, und diese Neigung haben sie im entzündlichen Blute im erhöhten Grade. Wie sich also gröbere Niederschläge leichter absetzen, als die sehr fein vertheilten, so setzen sich auch die vereinigten Blutkörper leichter ab als die einzelnen. Ausserdem ist die Zahl der Blutkörperchen geringer, und dies ist wieder ein Grund für das schnellere Absetzen. Jedes Blutkörperchen, das heruntersinkt, verdrängt, indem es sinkt, das Wasser unter sich, und bringt also einen aufsteigenden Strom neben sich hervor; dieser aufsteigende Strom hindert, verzögert ein anderes Blutkörperchen, das neben ihm heruntersinkt. Je geringer die Zahl der Blutkörper ist, um so geringer ist also auch die Zahl der aufsteigenden Ströme, und um so weniger ist jedes einzelne Blutkörperchen in seiner Bewegung nach abwärts gehindert. Das langsame Gerinnen des entzündlichen Blutes und das rasche Sinken der Blutkörperchen ist es, welches veranlasst, dass das entzündliche Blut eine Speckhaut, eine sogenannte crusta phlogistica bildet. Dass diese Speckhaut fest und elastisch ist, rührt von der grossen Menge von Fibrin her, welche das entzündliche Blut enthält, und damit hängt es endlich auch zusammen, dass der Blutkuchen ein klares, ein wenig gefärbtes Serum ausstösst, weil eben die grosse Menge von Fibrin im Stande ist, die Blutkörper fest und gut im Blutkuchen zusammenzuhalten.

Die älteren Humoralpathologen waren der Meinung, dass diese Beschaffenheit des Blutes vor dem Eintreten der Krankheit bestehe, und dass sie die Prädisposition zur Krankheit bedinge, ja die Krankheit selbst herbeiführe. Sie schrieben diesem Blute eine besondere Neigung zum Gerinnen zu, und leiteten davon die Hepatisation der Lungen und die sogenannten Todes- oder Sterbepolypen her, die strangartig verzweigten Faserstoffgerinnsel, welche man in Leichen von Individuen, die an Pneumonie zu Grunde gegangen sind, nicht selten im Herzen und in den grossen Gefässen findet. Wir wissen jetzt, dass diese Sterbepolypen nicht davon herrühren, dass das Blut eine grosse Neigung zum Gerinnen hat, sondern davon, dass das Blut wenig Neigung zum Gerinnen hat, dass es sehr

lange in der Leiche flüssig bleibt, und deshalb die Blutkörperchen Zeit haben, sich abzusetzen, so dass im Herzen und in den Gefässen blutkörperchenfreie Schichten entstehen, ehe die Gerinnung eintritt. Diese sogenannten Sterbepolypen sind nichts anderes als eine Speckhaut, als eine crusta phlogistica, die sich innerhalb des Herzens und der grossen Gefässe abgeschieden hat. Wenn mit der beginnenden fauligen Zersetzung das Blut sich wieder verflüssigt, so geht dies immer zuerst von den Blutkörperchen aus; die farbigen Coagula verflüssigen sich, die ungefärbten bleiben in Polypenform zurück. Die älteren Humoralpathologen waren consequenter Weise auch der Meinung, dass sie durch ihre Aderlässe die Zusammensetzung des Blutes verbesserten und dadurch die Krankheit heilten. Später machte man freilich die Erfahrung, dass, so lange die Krankheit noch zunehme, trotz der Aderlässe die Menge des Fibrins zunehme, und die der Blutkörperchen abnehme, und erst bei eintretender Besserung sich die Zusammensetzung des Blutes wieder der normalen nähere. Weitere Versuche an Thieren haben sogar gezeigt, dass wiederholte Aderlässe die Menge des Fibrins vermehren. Sigmund Mayer hat in seinen schon früher erwähnten Versuchen dies wiederum bestätigt gefunden; er hat bei Hunden durch periodische Aderlässe die Menge des Fibrins aufs Doppelte und mehr vermehren können.

Es ist aber überhaupt im hohen Grade zweifelhaft, ob diese anomale Zusammensetzung des Blutes der Krankheit vorhergeht, denn es ist ja den Leuten nicht zur Ader gelassen worden, ehe sie die Pneumonie oder Pleuritis bekamen; es wusste ja Niemand vorher, ob sie eine Pneumonie oder Pleuritis bekommen würden: das Blut wurde immer nur dann genommen, wenn die Individuen bereits von der Pneumonie oder Pleuritis befallen waren, und es erwächst deshalb der Verdacht, dass die anomale Zusammensetzung des Blutes nicht, wie die alten Humoralpathologen glaubten, Ursache, sondern Folge der Krankheit sei. Wenn wir den Entzündungsprocess näher verfolgen, so werden wir finden, dass in ihm Blutkörperchen in den Gefässen zusammengedrängt werden, und dass, wenn die Entzündung einen gewissen Grad erreicht hat, diese Blutkörperchen in der entzündeten Provinz in Masse zu Grunde gehen. Das würde also an und für sich schon eine Ursache sein für die Verminderung der rothen Blutkörperchen. Weniger Bestimmtes können wir über die Ursache der Fibrinvermehrung aussagen, es existiren aber bereits ältere Versuche, welche zu der Vermuthung Veranlassung geben, dass, wenn Blutkörperchen innerhalb des Organismus zerstört werden, dadurch die Menge des Fibrins, welche ausgeschieden wird, vermehrt wird. Wir können auf diese Versuche hier nicht näher eingehen, weil sie noch zu keinem spruchreifen Resultate geführt haben, da eben die Fibrinmengen bei verschiedenen Individuen derselben Species so sehr schwanken, und durch äussere Eingriffe so leicht verändert werden, dass es immer Schwierigkeit hat, zu sagen, ob durch irgend welche mit einem äusseren Eingriffe verbundene Procedur, abgesehen von dem Eingriffe, die Fibrinmenge vermehrt wurde. Nur so viel lässt sich bis jetzt mit Sicherheit aussagen, dass sich auch in den über den Gerinnungsprocess und die Fibrinbildung überhaupt gemachten Beobachtungen und Versuchen manche Anhaltspunkte für die Wahrscheinlichkeit einer Vermehrung des Fibrins auf diesem Wege finden.

Dem Blute in Entzündungskrankheiten hat man das sogenannte dissolute Blut entgegengesetzt und als Charakter für dasselbe aufgeführt, dass die Menge der Blutkörperchen vermehrt und die des Fibrins vermindert ist. Man hat dieses Blut der sogenannten haemorrhagischen Krase zugeschrieben. Die charakteristischen äusseren Eigenschaften eines solchen an Blutkörperchen sehr reichen und an Fibrin sehr armen Blutes sind, dass es im Allgemeinen schnell gerinnt, dass es aber einen wenig compacten Blutkuchen bildet, so dass man denselben mit Leichtigkeit mit dem Finger nach allen Seiten zerreissen kann, dass der Blutkuchen sich ferner wenig contrahirt, eben weil eine verhältnissmässig geringe Menge von Fibrin darin enthalten ist, und dass er nicht, wie das entzündliche Blut und auch das normale Blut, ein wenig gefärbtes, sondern ein durch viel Blutkörperchen tingirtes Serum, und zwar in spärlicher Menge ausstösst; in spärlicher Menge, weil er sich überhaupt wenig zusammenzieht, und ein mit viel Blutkörperchen tingirtes Serum deshalb, weil die geringe Menge von Fibrin nicht im Stande ist, die Blutkörperchen gehörig im Blutkuchen zusammenzuhalten.

Ausserdem unterscheidet man anomal zusammengesetztes Blut, je nachdem die Menge des Wassers vermehrt oder vermindert ist. Es wird dabei die Menge des Wassers relativ zu der Menge der Eiweisskörper und der der Blutkörperchen genommen. Man kann das Wasser nicht in Gegensatz zu den Salzen setzen, weil häufig bei der Vermehrung des Wassers auch die Salze vermehrt sind. Man unterscheidet die sogenannte Hydraemie, das heisst den Zustand, bei dem die Menge des Wassers relativ vermehrt ist. Sie entsteht dann, wenn der Organismus Verluste an Eiweisssubstanzen erleidet, die er nicht wieder ersetzt. Sie kann entstehen, wenn Eiweiss mit dem Urin fortgeht, sie kann entstehen bei profusen Eiterungen, sie kann aber endlich auch bei schlechter Ernährung entstehen, wenn eben der normale Verbrauch der Eiweisskörper durch die Eiweisskörper, welche in der Nahrung genommen werden, nicht gedeckt wird. Der entgegengesetzte Zustand, die Verarmung des Blutes an Wasser, die Anhydraemie kann nur nach plötzlichen grossen Verlusten an Wasser eintreten, weil sonst das Wasser im Blute ja immer mit Leichtigkeit wieder ersetzt wird. Dergleichen plötzliche grosse Wasserverluste können durch profuse Stuhlentleerungen herbeigeführt werden, wie sie in der asiatischen Cholera stattfinden, und das Blut in der asiatischen Cholera ist es, welches man als Prototyp des anhydraemischen Blutes aufgestellt hat.

Es kann ferner die Menge des Haemoglobins vermindert sein, ohne dass deswegen die Menge der rothen Blutkörperchen vermindert ist. Die Menge des Haemoglobins ist dann so vermindert, dass in jedem einzelnen rothen Blutkörperchen weniger Haemoglobin enthalten ist als in dem normalen Blute. Dies ist, wie wir oben gesehen haben, in der Chlorose der Fall.

Es kann ferner die Menge der rothen und der weissen Blutkörperchen verändert sein, und zwar so, dass, während für gewöhnlich nur wenig weisse Blutkörperchen unter einer grossen Menge von rothen gefunden werden, nun die Menge der weissen Blutkörperchen so zunimmt, dass ihre Anzahl grösser ist, als die der rothen Blutkörperchen, und dass das Blut schon für das blosse Auge seine Farbe verändert hat. Dies ist der Zustand, welchen man mit dem Namen der Leukaemie oder des

weissen Blutes bezeichnet. Wenn man dagegen von Melanaemie, von schwarzem Blute spricht, so versteht man darunter einen Zustand, bei dem sich ein schwärzliches Pigment im Blute angehäuft hat, welches theils in einzelnen Körnern, theils in zu Flocken vereinigten Körnermassen im Blute umherschwimmt. Es kann ferner das Blut dadurch anomal zusammengesetzt sein, dass Körper, die sonst nur in geringer Menge darin vorkommen, wie z. B. der Zucker, in grosser Masse darin angehäuft sind. Die Anhäufung des Zuckers bedingt eine anomale Blutzusammensetzung und eine Krankheit, welche man mit dem Namen des Diabetes mellitus bezeichnet. Sind die Bestandtheile der Galle im Blute angehäuft, so entsteht derjenige Zustand, welchen wir mit dem Namen Icterus bezeichnen. Es können sich auch Bestandtheile des Harns oder Zersetzungsproducte derselben im Blute anhäufen, dann entsteht der Zustand, welchen wir mit dem Namen der Uraemie bezeichnen, u. s. w. Wir können diese Dinge nicht weiter verfolgen, weil wir uns sonst ganz auf das Feld der Pathologie begeben würden, wir wollen uns nur noch die Frage vorlegen: auf welche Weise kann man die Menge des Blutes ermitteln, und wie gross ist etwa die Menge des Blutes bei einem erwachsenen Menschen?

Die Menge des Blutes im lebenden Körper.

Die ältesten Versuche, die Menge des Blutes zu bestimmen, beschränkten sich darauf, dass man bei Hinrichtungen, bei Enthauptungen, das Blut auffing und sah, wie viel man sammeln konnte. Es ist klar, dass man hiebei nicht alles Blut bekam, indem immer ein Theil desselben in den Gefässen zurückblieb. Andererseits ist es klar, dass von dem Blute, welches man bekam, nicht alles solches Blut war, welches bereits in den Gefässen des lebenden Körpers circulirt hatte, denn, während das Blut ausfliesst, fliesst ja durch den Ductus thoracicus wieder Lymphe nach, die früher nicht Bestandtheil des Blutes war, und von der man einen Theil mitbekommt.

Dieselben Vorwürfe treffen in noch höherem Grade die Schätzungen, welche nach den Mengen von Blut gemacht worden sind, die man bei schweren, tödtlichen Blutflüssen an Frauen zur Zeit der Entbindung angestellt hat. Man hat ferner vorgeschlagen, die Menge des Blutes nach der Menge der Injectionsmasse, mit der man die Arterien und Venen anfüllen kann, zu schätzen. Aber auch das kann zu keinem Resultate führen, denn einerseits gelingt es nur ausnahmsweise, alle Gefässe gleichmässig anzufüllen, und wenn dies wirklich gelungen wäre, würde man in einen Theil des Gefässsystems viel mehr Injectionsmasse hineingepresst haben, als im Leben Blut in demselben fliesst, weil ja ein grosser Theil des Venensystems im Leben nur sehr unvollkommen mit Blut angefüllt ist.

Eine andere Methode, die Menge des Blutes zu schätzen, hat Valentin angegeben. Er entzieht einem Hunde eine Quantität Blut als Probe und bestimmt die Menge des Wassers und die der festen Bestandtheile desselben. Hierauf injicirt er dem Thiere eine Quantität Wasser und nimmt darauf eine zweite Probe, von der er auch die Menge des Wassers und die der festen Bestandtheile bestimmt. Sie sehen leicht ein, dass sich aus dem Grade der Verdünnung, welche das Blut erlitten hat, die Menge des Blutes berechnen lässt, vorausgesetzt, dass ausser dem

Wasser, das man eingespritzt hat, nichts in das Blutgefässsystem hineingekommen und auch nichts aus demselben herausgelangt ist. Diese Voraussetzung bewahrheitet sich aber nur in unvollkommener Weise, denn es geht ja fortwährend Blutplasma durch die Wandungen der Capillaren hindurch, und es fliesst fortwährend durch die grossen Lymphstämme Lymphe in das Blutgefässsystem hinein. Wenn man die zweite Probe unmittelbar, nachdem das Wasser injicirt worden war, nimmt, so hat man zu befürchten, dass das Wasser sich noch nicht vollständig mit dem ganzen Blute gemischt hatte, und wenn man zu lange wartet, so hat man zu befürchten, dass die Concentration des Blutes sich schon wieder geändert hat, dadurch, dass fortwährend Plasma ausgeschieden wird, und fortwährend Lymphe nachströmt. Man weiss also hier nie genau denjenigen Zeitpunkt zu treffen, der den richtigsten Werth geben würde.

Am meisten Zutrauen schenkt man jetzt denjenigen Bestimmungen der Blutmenge, welche nach der Welker'schen Methode gemacht sind. Diese beruht darauf, dass eine Quantität Blut genommen wird, dass aus dieser durch systematische Verdünnung eine Probeflüssigkeit hergestellt und die Farbe derselben bestimmt wird, und dass man dann das ganze Thier, beziehungsweise die ganze Leiche, nachdem man so viel als möglich Blut genommen hat, zerreibt, mit Wasser auslaugt, und mit diesem und anderem weiter hinzugefügtem Wasser das übrige Blut so weit verdünnt, bis es die gleiche Farbe mit der Probeflüssigkeit hat. Da man weiss, wie viel Blut man bei der Probe genommen und wie viel Wasser man hinzugefügt hat, so weiss man auch, wenn man die Menge des Wassers kennt, die man zum Verdünnen des ganzen Blutes gebraucht hat, wie viel die Masse des ganzen Blutes beträgt. Diese Versuche sind nun von Welker und von Bischoff mehrmals an Kinderleichen und an Leichen von Erwachsenen angestellt worden. Bischoff fand bei Erwachsenen 7,7, Welker bei Kindern 5,2 Blut auf 100 Theile Körpergewicht, so dass also ein Mensch von einem Körpergewicht von 71,5 Kilogr. 5,5 Kilogr. Blut haben würde. Die Fehlerquellen dieser Methode bestehen wesentlich darin, dass nicht alles Blut gleiche färbende Kraft, dass das Blut umsomehr färbende Kraft hat, je mehr Blutkörperchen es enthält, und ausserdem will man gefunden haben, dass die färbende Kraft des arteriellen und des venösen Blutes nicht gleich sei. In der Leiche vertheilen sich die Blutkörperchen vermöge ihrer Schwere ganz anders, als sie im lebenden Blute vertheilt gewesen sind, man darf sich deshalb niemals begnügen, eine Blutprobe zu nehmen, sondern man muss die Blutprobe, aus welcher man seine Probeflüssigkeit machen will, aus mehreren kleineren Blutproben mischen, welche man aus verschiedenen Arterien und von verschiedenen Venen der Leiche gesammelt hat. Als passende Verdünnung des Blutes, um die Farbenuance gut zu beurtheilen, gibt Welker an, dass man einen Theil Blut mit 500 bis 1000 Theilen Wasser verdünnen soll.

Es ist klar, dass in den lebenden Menschen die Menge des Blutes je nach ihrer Körpergrösse und Constitution sehr verschieden sein muss, und wir können daher die Blutmenge, welche einem lebenden Individuum zukommt, nur sehr unvollkommen schätzen. Dennoch sprechen wir von Anaemie und von Plethora, wir sprechen von Individuen, welche zu wenig Blut haben, und sprechen von Individuen, welche zu viel Blut haben. Wir urtheilen hier nach äusseren Erscheinungen, nach bestimmten

Symptomencomplexen. Wir kennen gewisse Erscheinungen, welche bei Individuen eintreten, die einmalige oder wiederholte Blutverluste erlitten haben, und die nicht im Stande waren, diese Blutverluste durch die Ernährung bald wieder zu ersetzen, wir wissen, dass dann bei ihnen eine Reihe von Erscheinungen auftritt, welche wir mit dem Namen der Erscheinungen der Anaemie bezeichnen. Wenn wir nun bei einem andern Menschen diese Reihe der Erscheinungen finden, so urtheilen wir, dass sie eben auch daher rühren, dass die Menge seines Blutes eine zu geringe sei. Andererseits sehen wir, dass ein junger kräftiger Mensch, nachdem ihm eine untere Extremität abgesetzt worden ist, später, nachdem er reconvalescent geworden, ein sehr blühendes Aussehen erlangt, dass er aber nach einiger Zeit anfängt, über Beschwerden zu klagen, die er früher nicht gekannt hat. Wir urtheilen, dass dies daher kommt, dass die Summe der blutbereitenden Theile noch so gross ist wie früher, dass dagegen die Summe der blutverbrauchenden Theile nicht so gross ist wie früher, und dass deshalb die Menge des Blutes sich über dasjenige Verhältniss gesteigert hat, welches wir als das normale ansehen müssen. Wir finden bei einem Handwerker, der früher viel arbeitete, und vielleicht dabei nicht sehr viel gegessen hat, der nun reich geworden ist, jetzt, wo er wenig arbeitet und dabei viel Nahrung zu sich nimmt, eine Reihe ähnlicher Erscheinungen, wie wir sie an dem Amputirten gefunden haben; wir ziehen daraus den Schluss, dass dieser Mensch, indem er sich sehr gut ernährt und wenig verbraucht, mehr Blut bilde, als ihm gut sei, und nennen wiederum diese Erscheinungen die Erscheinungen der Plethora.

Blutkreislauf.

Wie wird das Blut im Körper bewegt, wie wird es im Körper umhergetrieben, damit es Gelegenheit habe, die resorbirten Substanzen aus dem Darmkanale aufzunehmen, damit es in Berührung komme mit dem atmosphärischen Sauerstoffe, damit es durch die Nieren gehe und die Auswurfsstoffe ausscheide u. s. w.? — Wenn wir uns hiebei auf die Wirbelthiere beschränken, so sehen wir nur auf der allerniedersten Stufe, nur beim Amphioxus lanceolatus, dass die Muskelcontractionen, welche die Bewegung vermitteln, diffus über das Gefässsystem vertheilt sind. Bei den übrigen Wirbelthieren finden wir locale Vorrichtungen, Pumpwerke, durch welche das Blut umhergetrieben wird, und diese Pumpwerke sind die Herzen. Denken wir uns die Blutbahn vorläufig als einen geschlossenen Schlauch, so ist zunächst eine locale Erweiterung dieses Schlauches nöthig, die mit Muskelfasern belegt ist. Sie soll sich zusammenziehen. Dann wird sie das Blut, wenn an beiden Seiten gleiche Widerstände sind, nach beiden Seiten hin austreiben. Damit das Blut circulire, ist es aber nöthig, dass dieser contractile Sack das Blut nur nach einer Seite hin austreibe, er muss also an der einen Seite mit einem Ventile versehen sein, das sich nach innen öffnet, nach aussen schliesst, und also dem Blute den Ausweg nach der einen Seite versperrt. Denken wir uns diesen Sack als Herzventrikel, so ist dieses Ventil im menschlichen Herzen durch die Valvula tricuspidalis und die Valvula bicuspidalis repräsentirt. Es ist dasjenige Ventil, welches das Herz hindert, sein Blut gegen die venöse Seite hin auszutreiben. Wenn das Herz sich zusammengezogen hat und wieder

erschlafft, so würde ein Theil des Blutes wieder in das Herz zurückfliessen, es würde die Arbeit des Herzens zum Theil vergebens gemacht sein, wenn sich nicht an der anderen, der arteriellen Seite ein zweites Ventil befände, welches sich bei einer rückläufigen Bewegung des Blutes in den Schlagadern schliesst. Dieses zweite Ventil ist im Herzen des Menschen durch die Valvulae semilunares an der Wurzel der Aorta und an der Wurzel der Arteria pulmonalis repräsentirt.

Während der Ventrikel sich contrahirt, kann von den Venen kein Blut in ihn hineinfliessen; es würde also diese Zeit für die Anfüllung, für die Speisung des Herzens verloren gehen, wenn sich nicht vor dem Herzen ein Sack, eine Erweiterung des Venensystems befände, in der sich das Blut anhäufen kann, damit es nachher, wenn das Ventil sich wieder öffnet, um so rascher das Herz wieder anfülle. Dieser Sack ist im Herzen der Wirbelthiere durch die Vorhöfe repräsentirt. Sie wissen, dass sich dieselben contrahiren, und durch active Contraction ihr Blut in den Ventrikel ergiessen. Wenn sie sich aber contrahiren, werden sie das Blut auch nach rückwärts in die Venen hineintreiben, wenn sich hier nicht noch ein Ventil befindet, welches die Rückwärtsbewegung des Blutes gegen die Venen hindert. Ein solches Ventil findet sich nun auch in der That bei allen niederen Wirbelthieren in Gestalt eines Paars von halbmondförmigen Klappen, es findet sich bei den Fischen und bei den Amphibien, es findet sich in geringerer Ausbildung noch bei den Vögeln, und Spuren davon finden sich auch noch bei vielen Säugethieren: am meisten ist es, nach dem, was ich gesehen habe, beim Biber, Castor fiber, ausgebildet. Beim Menschen existirt dieses Ventil nicht mehr, und wir werden auch später den Grund einsehen, warum der Mensch hier kein Ventil mehr braucht, und dennoch keine Regurgitation in die Venen eintritt.

Wenn nun das Blut durch den Ventrikel in das Arteriensystem hinausgestossen wird, so wird es zunächst stossweise bewegt. Wir finden aber bei den Fischen eine trommelartige Erweiterung des Truncus arteriosus, in welche das Blut bei der Systole, bei der Zusammenziehung des Ventrikels, hineingeht, sie ausdehnt und prall anfüllt. Der Sinn dieser Einrichtung ist leicht zu fassen. Dadurch, dass diese trommelartige Erweiterung, der Bulbus arteriosus, ausgedehnt wird, wird lebendige Kraft in Spannkraft umgesetzt: die lebendige Kraft, die sonst das Blut fortbewegt hätte, wird zur Ausdehnung dieses Stammes verbraucht. Zur Zeit nun, wo der Ventrikel erschlafft, setzt sich durch die Elasticität der Wand des Bulbus die Spannkraft wieder in lebendige Kraft um, das heisst der Bulbus sucht wieder auf sein früheres Volumen zurückzukehren und drückt dabei das Blut in die Arterien hinein. Es ist dies also eine Vorrichtung, durch welche gewissermassen ein Theil der Propulsionskraft des Herzens in Verwahrung genommen, aufgespeichert wird, um erst während der Diastole des Herzens wieder dienstbar zu werden. Es kommen auch complicirter gebaute Bulbi vor, bei denen die Wände ein Höhlensystem darstellen, welches mit einer mittleren Höhle communicirt: das ist z. B. der Fall bei den Cyprinoiden. Das ganze Höhlensystem der Wand füllt sich, wenn der Bulbus ausgedehnt wird, wie ein Schwamm mit Blut, und dieses Blut wird während der Diastole des Ventrikels durch die elastische Zusammenziehung des Bulbus wieder ausgetrieben.

Das Fischherz bietet nun ein Beispiel eines einfachen, aber in allen seinen Theilen vollständigen Herzens, mit einem Vorhofe, einem Ventrikel und einem Bulbus arteriosus, dann mit drei Ventilen, einem hinter dem Bulbus, einem hinter dem Ventrikel und einem hinter dem Vorhofe.

Solche elastische Bulbi arteriosi existiren nun bei allen gemeinen Knochenfischen. Bei den Haien, bei den Rochen, den Chimären, den Ganoiden, kurz bei den sogenannten Altfischen, Palaeichthyes, bei den Fischen, deren fossile Repräsentanten älter sind als die Kreideformation, ist die Einrichtung eine andere. Bei diesen ist der Bulbus arteriosus selbst mit Muskelfasern belegt, das Herz zieht sich zusammen, es erweitert den Bulbus arteriosus, dessen Muskelfasern zu dieser Zeit erschlafft sind: dann ziehen sich, während der Ventrikel erschlafft, die Muskelfasern des Bulbus arteriosus zusammen, die Semilunarklappen am arteriösen Ende des Ventrikels schliessen sich, und nun treibt der Bulbus seinerseits das Blut in den Arterien weiter. Der Unterschied besteht also darin, dass bei den gemeinen Knochenfischen alle Kraft vom Herzen im engeren Sinne des Wortes aufgebracht, und im Bulbus arteriosus durch die Elasticität desselben nur ein Theil dieser Kraft aufgespeichert wird, um während der Diastole des Herzens dienstbar zu werden, während bei den Altfischen thatsächlich ein Theil der Arbeitskraft, welche das Blut treibt, von dem muskulösen Bulbus arteriosus aufgebracht wird.

Auch bei den Amphibien kommt noch ein muskulöser Bulbus arteriosus vor, aber er ist kleiner. Bei den Reptilien ist er relativ noch kleiner. Bei beiden tritt schon diejenige Einrichtung in den Vordergrund, welche wir bei den Säugethieren und beim Menschen finden, bei denen kein solcher Bulbus arteriosus existirt, sondern nur der allerdings in den Sinus Valsalvae etwas erweiterte Stamm der Aorta und der Stamm der Arteria pulmonalis. Bei den Säugethieren und beim Menschen ist die Function, die bei den Fischen der Bulbus arteriosus übernimmt, auf das ganze Arteriensystem vertheilt, das ganze Arteriensystem wird durch die hineingetriebene Blutwelle ausgedehnt, und während der Diastole zieht sich eben das ganze Arteriensystem langsam wiederum zusammen, um das Blut fortzutreiben und durch die Capillaren hindurchzutreiben. Die Elasticität der Arterien hat also wesentlich den Nutzen, dass sie die Blutbewegung continuirlich macht, dass sie die stossweise durch das Herz gesetzte Bewegung für die Capillaren zum grössten Theile aufhebt. Ein Theil der lebendigen Kraft, welche durch die Contraction des Herzens aufgebracht ist, wird zur Ausdehnung des Arteriensystems verwendet und damit in Spannkraft umgewandelt. Während der Diastole der Ventrikel wird diese Spannkraft wiederum in lebendige Kraft umgesetzt, indem die Arterien sich vermöge ihrer Elasticität zusammenziehen und das Blut durch die Capillaren treiben. Bei den Fischen konnte die blosse Elasticität der Arterien nicht genügen, da hier beide Kreisläufe hinter einander liegen, und der Respirationskreislauf mit seinen zarten Capillaren fast unmittelbar am arteriellen Ende des Herzens. Bei den Amphibien und Reptilien liegen beide Kreisläufe neben einander und der Respirationskreislauf ist eine Zweigbahn des Körperkreislaufes. Hier begegnen wir aber schon zwei Vorhöfen und einem mehr oder weniger vollständig getheilten Ventrikel, der beide Kreisläufe, aber mit ungleichen Arbeitskräften, treibt, indem er in den kleinen Kreis nur während der ersten

Hälfte der Systole Blut hineinpresst. Dies Blut ist ein Theil des Blutes, das venös aus dem Körper zurückkehrt, der andere Theil geht mit dem hellrothen, aus den Lungen zurückkehrenden Blute in die Körperarterien. Das Blut beider Kreisläufe kehrt in völlig gesonderte Vorhöfe und von da in den Ventrikel zurück. Bei den Krokodilen finden wir auch schon zwei vollständig von einander getrennte Ventrikel, wenn auch der rechte und linke Ventrikel des Krokodils nicht ganz dem rechten und linken Ventrikel der Vögel und der Säugethiere entsprechen.

Wenn wir nun zum Kreislauf der warmblütigen Thiere übergehen, so sehen wir hier zwei Herzen, die wir uns vollständig von einander getrennt denken können, und von denen das eine, das linke, den Körperkreislauf, und das andere, das rechte, den Lungenkreislauf treibt. Wenn man von einem grossen und kleinen Kreislauf spricht, drückt man sich im Grunde unrichtig aus, denn in keinem von beiden gelangt das Blut dahin zurück, von wo es ausgegangen ist. Beide Kreisläufe sind nur halbe Kreisläufe, die durch die beiden Herzen als Verbindungsstücke zu einem ganzen geschlossen sind.

Das Herz des Menschen.

Die Muskelfasern, welche die beiden Ventrikel des Herzens zur Austreibung des Blutes verengern, sind im höchsten Grade complicirt angeordnet. Caspar Friedrich Wolff und nach ihm Andere haben die Faserung, die Anordnung der Bündel näher zu erforschen gesucht, in neuerer Zeit mit dem meisten Erfolge C. Ludwig, und in neuester Zeit hat Pettygrew eine ausgedehnte Untersuchung namentlich über das Herz des Schafes und vieler anderer Thiere und auch des Menschen in den Abhandlungen der Royal Society niedergelegt. Ehe wir uns aber mit der Faserung der Herzmuskulatur als solcher beschäftigen können, müssen wir die Elemente, aus denen diese Muskulatur besteht, näher kennen lernen. Ich muss hier vorwegnehmen, dass es zwei wesentlich verschiedene Arten von Muskelfasern gibt, sogenannte quergestreifte und sogenannte glatte oder schlichte Muskelfasern, auch contractile Faserzellen genannt. Diese beiden Arten sind bei den höheren Wirbelthieren vollständig von einander getrennt, so dass es keine Uebergangsstufen zwischen ihnen gibt. Die Uebergangsstufen finden sich zuerst bei den Fischen und dann in mehreren Abtheilungen der wirbellosen Thiere.

Die glatten Muskelfasern oder die contractilen Faserzellen sind kürzere oder längere spindelförmige, seitlich durch gegenseitigen Druck mehr oder weniger abgeflachte Elemente, an denen man, abgesehen von einem in der Mitte liegenden Kerne, der immer eine längliche Gestalt hat, keine weitere Structur mehr erkennt. Die quergestreiften Muskelfasern sind im Allgemeinen cylindrische oder prismatische, strangförmige Gebilde, an denen schon bei schwacher Vergrösserung eine Querstreifung auffällt, von welcher sie eben den Namen der quergestreiften Muskelfasern führen. Diese Muskelfasern bestehen aus einer dünnen glashellen Scheide, die man Sarkolemma nennt, und aus dem contractilen Inhalte. Die Querstreifung rührt nicht her von einer Faltung der Scheide, sondern von der Beschaffenheit des contractilen Inhaltes. Es liegen hier abwechselnd neben einander zwei Substanzen, die das Licht verschieden brechen. Sie

bilden sehr ungleich dicke Querschichten. Bisweilen zerbrechen die Fasern der Quere nach in der Substanz der dünneren Querschichten. Die Scheiben, in welche sie auf diese Weise zerfallen, heissen Bowman'sche Scheiben oder Bowman's disks, weil Bowman sie zuerst als solche beschrieben hat. Wenn Sie eine Muskelfaser in sehr verdünntem Alkohol maceriren, so zerfällt sie der Länge nach in lauter dünne Fäserchen, welche man mit dem Namen der Muskelfibrillen bezeichnet. Also auch in der Quere sind die Substanzen verschieden, so dass eine Substanz vorhanden ist, welche der Maceration länger widersteht, und eine Substanz vorhanden ist, die der Maceration weniger widersteht. Nun denken Sie sich, dass der Muskel gleichzeitig der Länge und Quere nach zerfiele, so wird er in lauter prismatische Stücke, in lauter kleine Säulchen zerfallen, und diese kleinen Säulchen bezeichnet man mit dem Namen der Sarcous elements. Man hat diesen Namen auch ins Deutsche mit „Fleischtheilchen" übersetzt, welcher Ausdruck aber leichter zu Missverständnissen Veranlassung geben kann. Die Muskelfibrille besteht also aus Sarcous elements, die der Länge nach mit einander in einfacher Reihe verbunden sind, die Bowman'schen Scheiben bestehen aus Sarcous elements, die der Quere nach mit einander verbunden sind. Die Querstreifung, welche man auf den Muskeln sieht, rührt daher, dass die Substanz, aus welcher die Sarcous elements bestehen, einen höheren Brechungsindex hat, als die Substanz, welche zwischen je zwei Bowman'schen Scheiben liegt. Dies macht, dass das Licht nicht allein in beiden verschiedene Brechung erleidet, sondern auch im Innern der Fasern Reflexionen entstehen, wie sie ja überall da entstehen, wo Licht aus einem dichteren in ein dünneres, oder aus einem dünneren in ein dichteres Medium übergehen soll. Wenn man unter dem Polarisationsmikroskope eine solche Muskelfaser untersucht, so findet man, dass die Sarcous elements doppeltbrechend sind, die Zwischensubstanz aber nicht. Man unterscheidet also die doppeltbrechende Substanz der Sarcous elements und eine isotrope Zwischensubstanz einerseits zwischen den Fibrillen der Länge nach angeordnet und andererseits zwischen den Bowman'schen Scheiben der Quere nach angeordnet.

Aus quergestreiften Muskelfasern bestehen im Allgemeinen diejenigen Muskeln, welche der Willkür unterworfen sind, aus den glatten oder organischen Muskelfasern, aus den contractilen Faserzellen, bestehen diejenigen Muskeln, welche der Willkür nicht unterworfen sind: aber das Herz macht eine Ausnahme, indem es aus quergestreiften Muskelfasern besteht. Die quergestreiften Muskelfasern des Herzens sind etwas verschieden von denen der Skeletmuskeln. Die einzelnen Fasern sind dünner, und während die der Skeletmuskeln in der Regel, wenn auch keineswegs immer, unverzweigt sind, sind die des Herzens nicht nur reichlich verzweigt, sondern auch netzartig unter einander verbunden. Endlich sind die Kerne, welche sich in jeder quergestreiften Muskelfaser finden, bei den Herzmuskelfasern anders gelagert als bei den Skeletmuskelfasern. Bei den letzteren liegen sie bei Säugethieren und Menschen in der Regel unmittelbar unter dem Sarkolemma, während sie bei den Herzmuskelfasern innerhalb der contractilen Substanz, meist ganz in der Mitte derselben liegen.

Auf mikroskopischen Querschnitten kann man deshalb Herzmuskelfleisch und Fleisch von Skeletmuskeln leicht unterscheiden, erstens an

der Grösse der Querschnitte, und zweitens dadurch, dass bei dem einen die Kerne centrisch, bei dem andern peripherisch, das heisst aussen an der contractilen Substanz liegen. Dasjenige, was ich Ihnen über die Faserung mitzutheilen habe, entnehme ich im Wesentlichen den Untersuchungen von Ludwig. Das Herz ist ein einheitlicher Muskel. Da das eine Herz den Körperkreislauf, und das andere Herz den Lungenkreislauf treibt, so könnte man auf die Idee kommen, dass es eigentlich zwei Herzen seien, die neben einander gelegt und nur äusserlich durch eine Muskelbinde zusammenhalten oder nachträglich mit ihren Wänden verwachsen sind. Ist ja das Herz des Dugong (Halicore), eines pflanzenfressenden Walthiers, sogar äusserlich getheilt, von unten her tief eingeschnitten, so dass zwei Herzspitzen existiren, eine, die dem rechten, und eine andere, die dem linken Ventrikel angehört. Aber das Herz ist im Embryo vom Hause aus einfach, die Scheidewand bildet sich erst später, und in allen Entwicklungsperioden gehen grosse Massen von Muskelfasern aus der Wand des einen Ventrikels in die des andern über.

Ein zweiter Hauptsatz sagt über die Faserung aus, dass, wenn man die Herzwand an irgend einer Stelle durchgräbt, man nacheinander auf Muskelfasern kommt, die in allen möglichen Richtungen liegen, z. B. erst senkrecht, dann schräg, dann quer u. s. w., oder erst quer, dann schräg, dann senkrecht u. s. w.

Drittens: Wenn man, von der Oberfläche anfangend, einem Muskelbündel in seinem ganzen Verlaufe folgt, so bleibt man nicht an der Oberfläche, sondern man gelangt in das Innere des Herzfleisches hinein und kommt an der einen oder andern Stelle der inneren Oberfläche wieder heraus. Zur Herzaxe, wenn ich mir als solche eine Linie von der Spitze zur Mitte der Basis denke, quer verlaufende Muskelfasern gehen in die Tiefe des Herzfleisches, dann in die Scheidewand hinein und kommen im andern Herzen irgendwo an der innern Oberfläche zum Vorschein. Zur Herzaxe der Länge nach verlaufende Fasern treten, wenn man ihnen an der Oberfläche gegen die Herzspitze folgt, hier in die Tiefe und gelangen zur innern Oberfläche, um dort zu endigen. Indem sie sich hierbei zwischen andern, die, von einer andern Seite kommend, einen ähnlichen Weg machen, hindurchschieben, entsteht der Herzwirbel.

Ein vierter Satz endlich sagt aus, dass es im Herzen keine inneren Sehnen gibt, das heisst, es gibt im Herzen keine bindegewebigen oder fibrösen Massen, in welchen die Muskelfasern in Masse endigen. Die eigentlichen Ursprünge, beziehungsweise Endigungen, sind immer einerseits an den Ostien, und andererseits an der inneren Oberfläche des Herzens, speciell in den Papillarmuskeln, und an anderen Stellen, von welchen Sehnenfäden zu den Klappen gehen.

Obgleich es nun keine inneren Sehnen, kein compactes Bindegewebe oder fibröses Gewebe im Herzfleisch gibt, so ist doch das ganze Herzfleisch mit Bindegewebe durchzogen, welches zwischen den einzelnen Muskelbündeln liegt. Mit diesem Bindegewebe verlaufen überall die Gefässe, wie dies ja überhaupt in allen Organen der Fall ist, wo immer ein feines Stroma von Bindegewebe, sogenanntes interstitielles Bindegewebe, zwischen den wesentlichen Theilen der Organe hindurchgeht und gewissermassen als Grundlage für die sich im Innern der Organe verbreitenden Gefässe dient. Dieses Bindegewebe geht nun nach aussen in eine compacte

Platte über, welche auch mit elastischen Fasern reichlich versehen ist, das sogenannte Pericardium, oder vielmehr das sogenannte viscerale Blatt des Pericardiums, und nach innen geht es in eine gleichfalls compacte, aber schwächere Platte über, welche die innere Oberfläche des Herzens bekleidet und den Namen des Endocardiums führt. Um diese Bildungen besser zu verstehen, müssen wir einen kurzen Blick auf das Bindegewebe überhaupt werfen.

Das Bindegewebe.

Mit dem Namen Bindegewebe im weiteren Sinne des Wortes und mit dem Namen leimgebendes Gewebe bezeichnet man drei Formationen, das sogenannte gemeine Bindegewebe, das fibröse Gewebe und die organische Grundlage der Knochen. Alle drei haben das mit einander gemein, dass sie beim Kochen Leim geben, eine Substanz, die dem Gewichte nach in Hunderttheilen zusammengesetzt ist aus

50,0 Kohlenstoff,
6,5 Wasserstoff,
17,5 Stickstoff,
26,0 Sauerstoff,

(1 pro mille) Schwefel und Aschenbestandtheilen. Der Leim löst sich in warmem Wasser, in concentrirter Lösung gelatinirt er beim Erkalten, von Tannin, von Phosphorwolframsäure, von Phosphormolybdänsäure und ebenso von Jodquecksilberkalium und Jodwismuthkalium wird er in saurer Lösung gefällt, aber weder von Blutlaugensalz noch von basischem oder normalem essigsaurem Blei. Er unterscheidet sich von einer ähnlichen, aber stickstoffärmeren, durch Kochen von Knorpeln erhaltenen Substanz, von der wir später sprechen werden, dem Chondrin, dadurch, dass er nicht wie die letztere von Säuren im Allgemeinen und auch nicht von essigsaurem Blei gefällt wird.

Histologisch besteht gemeines Bindegewebe aus Fasern, die unter sich zu Bündeln vereinigt sind, wellenförmig oder korkzieherförmig verlaufen, in Essigsäure, in verdünnter Salzsäure, in Weinsäure, in Oxalsäure und ebenso in verdünnter Natron- oder Kalilauge glasartig durchsichtig werden. Ausserdem enthält es eine Menge zelliger mit Fortsätzen versehener Elemente, welche aus einem Kerne und einer meist geringen Menge von Protoplasma bestehen, und den Namen der Bindegewebskörperchen führen. Sie sind in die faserige Substanz eingelagert und von ihr meist verdeckt, so dass sie erst in grösserer Menge zu Tage treten, wenn man die letztere mittelst Essigsäure durchsichtig macht. Ueber das Verhältniss dieser beiden Formelemente zu einander ist man lange uneinig gewesen. Die Einen waren der Ansicht, dass die faserigen Elemente durch Zerklüftung aus einer ursprünglich homogenen, zwischen den Bindegewebskörpern eingelagerten Zwischensubstanz entstünden. Ja, man ging so weit, die faserige Natur des Bindegewebes gänzlich zu läugnen, zu behaupten, dass das, was wir Bindegewebsfasern nennen, als solches gar nicht fertig gebildet im Bindegewebe existire, sondern erst bei der Präparation durch Zerrung und Spaltung hervorgebracht werde; es seien die scheinbaren Fasern zum Theil nicht Fasern, sondern Falten, die man im Bindegewebe hervorgebracht habe, in anderen Fällen seien es künstliche Spaltungsproducte u. s. w. Diese Ansicht ist zuerst voll-

ständig durch Rollet widerlegt worden. Er zeigte, dass man gar keine mechanische Präparation brauche, um die Bindegewebsfasern darzustellen, dass man sie so zu sagen auf chemischem Wege darstellen kann, wenn man das Bindegewebe in Kalkwasser oder Barytwasser macerirt. Es wird dabei eine Kittsubstanz ausgezogen, welche die Fasern unter einander zusammenklebte, und welche theils aus Eiweisskörpern, theils aus einer ähnlichen Substanz zu bestehen scheint, wie sie im Schleim der Schleimdrüsen unter dem Namen Mucin vorkommt. Wenn Sie eine ganz frische Sehne zu zerfasern suchen, die unmittelbar aus dem lebenden Körper genommen wurde, so werden Sie finden, dass dies verhältnissmässig leicht von statten geht, Sie werden aber finden, dass nach 24 oder 48 Stunden die Zerfaserung schwerer gelingt, indem offenbar die Kittsubstanz nach dem Tode fester wird, als sie im Leben war. Wenn Sie aber die Sehne dann in Kalkwasser oder Barytwasser hineinlegen, wird diese Kittsubstanz zuletzt ganz aufgelöst, und Sie können die Sehne jetzt durch blosses Schütteln in eine Fasermasse verwandeln und in jedem Stücke, das Sie unter das Mikroskop legen, die Fasern mit Leichtigkeit nachweisen. Auf dieser Einwirkung des Kalkwassers auf die Kittsubstanz beruht beiläufig gesagt in der Technik der Gärber das Kalken der Häute, indem eben durch das Ausziehen dieser Kittsubstanz die einzelnen Bindegewebsbündel und Fasern gegen einander verschiebbar werden, wodurch es allein möglich wird, dem Leder die hinreichende Geschmeidigkeit zu geben.

Ich bin aber auch der Ansicht, dass die faserige Substanz des Bindegewebes nicht nur wirklich faserig ist, sondern auch, dass sie gar nicht durch Zerklüftung einer ursprünglich homogenen Zwischensubstanz entsteht, vielmehr aus zelligen Elementen hervorgeht. Die Zwischensubstanz, welche für das eigentliche Materiale, aus dem die Fasern werden sollten, imponirt hat, ist, wie wir später noch sehen werden, eine Flüssigkeit, und die Fasern selbst gehen beim Embryo aus den Fortsätzen der embryonalen Zellen hervor, aus denen die Anlage des Bindegewebes entsteht. Später entstehen immer neue Generationen, die immer neue Fasern als Fortsätze treiben; die Fortsätze gehen, wie sie sich bilden, eine Umwandlung ein, die, wie es scheint, an der Oberfläche beginnt, und vermöge welcher sie in leimgebendes Gewebe umgestaltet werden und nun als solches weiter wachsen. Dass man später im erwachsenen Menschen nur noch eine geringe Menge von zelligen Elementen und der Masse nach ein grosses Uebergewicht der Fasern beobachtet, das beruht möglicher Weise darauf, dass ein Theil der zelligen Elemente, wenn die Fasern einmal gebildet sind, zu Grunde geht, möglicher Weise aber auch darauf, dass die Fasern ausserordentlich lang werden, und deshalb zu den einzelnen Kernen, die den einzelnen zelligen Elementen entsprechen, sehr lange Fasern gehören. Ursprünglich im embryonalen Bindegewebe sind die Fortsätze sehr zahlreich und nach allen Seiten hin ausgestreckt und vielfach verzweigt: später kommen aber Generationen von Zellen, welche ihre Fortsätze nur nach zwei Seiten oder nach einer Seite hin ausstrecken, und deren Fortsätze zugleich ausserordentlich lang werden, und diese sind es, welche die Bindegewebsbündel im erwachsenen Menschen zusammensetzen.

Alles, was ich soeben über das gemeine Bindegewebe gesagt habe, können Sie ohne weiteres auch auf das fibröse Gewebe anwenden, nur sind die Fasern des fibrösen Gewebes, die Fibrillen desselben, noch feiner

als die des gemeinen Bindegewebes und liegen weniger wellenförmig oder korkzieherförmig, mehr gestreckt neben einander. Ausserdem zeigen gemeines Bindegewebe und fibröses Gewebe beim Maceriren in Kalkwasser einen auffallenden Unterschied. Bei der Maceration zerfällt das gemeine Bindegewebe immer erst zu Bündeln, und erst bei längerer Maceration zerfallen diese Faserbündel, die einen bestimmten Durchmesser haben und offenbar präformirte Abtheilungen sind, wiederum in die eigentlichen Fibrillen. Das fibröse Gewebe dagegen zerfällt beim Maceriren direct in seine letzten morphologischen Elemente.

Aus gemeinem Bindegewebe besteht alles interstitielle Bindegewebe im Innern der Organe, ferner das Corium und das ganze subcutane Bindegewebe, dann das submucöse Bindegewebe und alles dasjenige, in welches die Organe im Körper eingebettet sind. Aus fibrösem Gewebe bestehen dagegen zunächst die Sehnen, zweitens die Aponeurosen und Fascien, die Zwischenknochenbänder, das Periost, die Dura mater und die Sclerotica mit der fibrösen Scheide des Nervus opticus.

Die dritte Abtheilung der Bindegewebsgruppe bildet die organische Grundlage der Knochen. Die Knochen geben beim Kochen Leim, während die Knorpel, wenn man sie kocht, eine vom Leim verschiedene, aber auch gelatinirende Substanz, das Chondrin, geben. Letzteres hielt man früher allgemein für ein selbständiges chemisches Individuum. In neuerer Zeit ist man der Meinung, es sei ein Gemenge, ein Gemenge aus Leim und aus Mucin, Schleimstoff, einer schwefelfreien, stickstoffhaltigen, auch in allen schleimigen Secreten vorkommenden Substanz, welche durch Salze und Alkalien im Wasser löslich ist und demselben, wenn sie in hinreichender Menge vorhanden ist, eine schleimige Consistenz gibt. Durch Essigsäure wird das Mucin aus solchen Lösungen niedergeschlagen und löst sich auch im Ueberschuss nicht wieder auf. Auch durch Alkohol wird es gefällt und ebenso durch basisch essigsaures Blei. Gegen die erwähnte Ansicht konnte früher geltend gemacht werden, dass man bis jetzt nur aus Leim oder leimgebenden Geweben Glycocoll erhalten habe. Da aber Horbatschewski letzteres im E. Ludwig'schen Laboratorium auch aus Hornhäuten, die nur Chondrin geben, dargestellt hat, so fällt dieser Gegengrund weg.

Der fertige Knochen besteht, wie wir dies später ausführlich sehen werden, nicht aus ossificirtem Knorpel, sondern aus einer neuen, leimgebenden Formation, welche die Grundlage des sogenannten secundären Knochens bildet, und welche wir von der sogenannten Knochenerde, bestehend aus normalem dreibasisch phosphorsaurem Kalk, etwas normaler dreibasisch phosphorsaurer Bittererde, kohlensaurem Kalk und Fluor in noch räthselhafter Verbindung, befreien können, wenn wir sie mit verdünnten Säuren ausziehen. Es bleibt dann eine organische Grundlage zurück, welche beim Kochen Leim gibt, und die eben der Bindegewebsgruppe angehört. Sie entsteht ebenfalls ursprünglich aus Zellen. Diese Zellen wachsen in die Länge, werden spindelförmig und treiben Fortsätze nach entgegengesetzten Richtungen aus, von denen gewöhnlich der eine viel länger ist als der andere; dann aber kommt es zu keiner wirklichen Faserbildung, sondern sie verschmelzen äusserlich mit einander und bilden so eine Grundlage, in welcher sich die Kalksalze ablagern, und in welcher die Verknöcherung eintritt.

Das zarte Bindegewebe, welches im Innern zwischen den Muskelfasern des Herzens liegt, geht nach aussen, wie gesagt, in eine Lage compacten Bindegewebes über, welches hier den Herzbeutel bildet, und nach innen liegt gleichfalls eine Lage compacten Bindegewebes, welches das Endocardium bildet. Beide sind unterstützt und verstärkt durch elastische Fasern, welche theils vereinzelt im Bindegewebe verlaufen, theils Netze bilden, die sowohl im Pericardium als im Endocardium unter der Oberfläche liegen. Was sind elastische Fasern?

Elastische Fasern.

Elastische Fasern nennen wir eine Art von Fasern, die durch ihr Aussehen und durch ihr Verhalten gegen Reagentien charakterisirt ist. Sie unterscheiden sich vom Bindegewebe und von organischen Muskelfasern durch ihren höheren Brechungsindex, dem sie ihre starken, dunklen Conturen verdanken, und durch ihre grosse Widerstandsfähigkeit gegen Reagentien. Man kann sie mit verdünnten Säuren oder Alkalien behandeln, man kann sie kochen, ohne dass sie sich sofort auflösen. Sie widerstehen auch der Verdauung so weit, dass sie mit den Fäces in äusserlich unveränderter Gestalt abgehen. Sie quellen in verdünnten Säuren und Alkalien auch nicht auf, und darauf beruht unsere Methode, sie sichtbar zu machen, wenn sie im Bindegewebe verlaufen. Wir setzen zu unsern mikroskopischen Präparaten Weinsäure, Essigsäure oder eine verdünnte Kali- oder Natronlösung. Diese Agentien machen sowohl die organischen Muskelfasern, als auch das Bindegewebe aufquellen, glasartig durchsichtig: die elastischen Fasern behalten aber vollkommen ihren scharfen Contour und treten nun, da alles übrige theils verschwunden, theils undeutlich ist, zu Tage. Wir sehen sie im Bindegewebe gewöhnlich so verlaufen, dass sie die Bindegewebsbündel korkzieherförmig umgeben, oder sie sind zu zusammenhängenden Netzen mit einander vereinigt, die so entstehen, dass sich die Fasern verzweigen und netzartig mit einander verbinden. Die elastischen Eigenschaften dieser Fasern zeigen sich da, wo man sie aus der Verbindung reisst. Wo dies geschieht, rollen sich diejenigen Fasern, die ursprünglich Hobeltouren gebildet haben, wiederum in Hobeltouren auf, indem sie in ihre frühere Gleichgewichtsfigur zurückkehren, und Fasern, die Bestandtheile von Netzen gebildet haben, sieht man oft sich hakenförmig krümmen. Die Elasticität der Netze zeigt sich darin, dass, wenn man einen Zug in einer bestimmten Richtung ausübt und die Maschen in einer bestimmten Richtung zerrt, die Fasern später, wenn der Zug nachgelassen hat, wiederum in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückkehren, die Maschen ihre ursprüngliche Form annehmen. Solche Netze von elastischen Fasern kommen nun nicht allein im Pericardium und im Endocardium, sondern ganz allgemein in den serösen Häuten vor. Da, wo die elastischen Fasern, wie dies im Ligamentum nuchae des Rindes und bei den gelben Bändern der Wirbelsäule der Fall ist, in compacter Masse vorkommen, zeichnen sie sich schon durch ihre gelbe Farbe aus. Die Ligamenta flava der Wirbelsäule haben ihren Namen davon, dass sie wegen der Menge von elastischen Fasern gelb

gefärbt sind. Reines elastisches Gewebe gibt es übrigens nirgendswo, auch die Ligamenta flava, auch das Ligamentum nuchae des Rindes enthalten neben den elastischen Fasern einen Antheil von Bindegewebe, und wir werden später sehen, dass das Bindegewebe früher da ist, dass diese Gebilde ursprünglich bindegewebig sind, und dass erst später die elastischen Fasern darin entstehen.

Bei der Zersetzung mittelst Schwefelsäure gibt das elastische Gewebe Leucin.

Epithelien und Endothelien.

Sowohl das Pericardium als das Endocardium sind von einem Epithel, und zwar von einem einfachen Pflaster- oder Plattenepithel überzogen. Unter Epithel im Allgemeinen verstehen wir Zellenlagen, welche irgend eine äussere oder innere Oberfläche überkleiden. Gehört die Auskleidung einem anderen inneren Hohlraume als dem Tractus intestinalis mit seinen Annexen an, so bezeichnet man sie auch wohl als Endothel, namentlich wird diese Benennung auf das Epithel angewendet, welches die Gefässe auskleidet, allgemeiner auf alle Epithelien, welche nicht aus dem sogenannten Hornblatte und nicht aus dem sogenannten Schleimblatte des Embryo entstehen. Das Epithelium der äusseren Haut, dessen oberflächliche Schichten an der atmosphärischen Luft austrocknen, nennen wir Epidermis. Die Epithelien theilen wir wieder ein nach der Gestalt der Zellen, aus denen sie zusammengesetzt sind, und zwar unterscheiden wir zwei Hauptformen, sogenannte Pflasterepithelien und Cylinderepithelien. Die Pflasterepithelien haben ihren Namen davon bekommen, dass, wenn man von oben auf sie sieht, sich Felder neben einander zeigen, die in ähnlicher Weise gegen einander abgegrenzt sind, wie die Steine eines Strassenpflasters. Man nennt Pflasterepithelien solche Epithelien, deren Zellen niedrig, flach sind, bei denen die horizontalen Durchmesser den senkrechten übertreffen. Epithelien, deren Zellen sehr flach sind, die Form eines dünnen Plättchens haben, nennt man auch Plattenepithelien.

Diejenigen Epithelien, deren Zellen mehr hoch als breit sind, bei denen also der senkrechte Durchmesser überwiegt, nennen wir Cylinderepithelien. Man muss nicht voraussetzen, dass in denjenigen Epithelien, die wir Cylinderepithelien nennen, die Zellen immer cylindrisch sind; ja man kann sogar sagen, sie sind niemals cylindrisch. Wenn wir annehmen, dass sie oben und unten gleich breit sind und, wie dies immer der Fall ist, gedrängt neben einander stehen, so können sie nicht Cylinder sein, weil sie sich gegenseitig abplatten; es sind Prismen, in der Regel sechskantige. In anderen Fällen spitzen sie sich gegen die Basis zu und laufen in einen stielartigen Fortsatz aus, so dass sie neben einander stehen wie eine Reihe von Champagnergläsern, an denen Sie sich unten die Basalscheibe abgeschlagen oder verkleinert denken müssen. Auch solche Epithelien heissen Cylinderepithelien, weil ihr Höhendurchmesser den Breitendurchmesser überwiegt.

Epithelien, bei denen der Höhendurchmesser dem Breitendurchmesser gleich ist, nennt man cubische Epithelien, auch uneigentlicher Weise, weil die Zellen niemals Cuben sind, sondern sechskantige Prismen,

die neben einander stehen, und deren Höhe ihrem Querdurchmesser näherungsweise gleich ist.

Der zweite Eintheilungsgrund für die Epithelien ist die Schichtung. Man unterscheidet einfaches und geschichtetes Epithel, also auch wiederum einfaches Pflasterepithel und geschichtetes Pflasterepithel, und einfaches Cylinderepithel und geschichtetes Cylinderepithel. Bei den geschichteten Cylinderepithelien bestehen aber keineswegs alle Schichten aus Cylinderzellen, sondern immer nur die oberste. Ihre Zellen, die stets kelchförmig sind, haben Fortsätze, mit denen sie in der Tiefe auf dem unterliegenden Gewebe wurzeln, während die Zwischenräume zwischen ihnen von anderen gleichfalls länglichen und gleichfalls in der Tiefe wurzelnden, aber meist sehr unregelmässig gestalteten Zellen ausgefüllt sind, die so die tieferen Schichten bilden. Es ist also hier für die Bezeichnung des Epithels nur die oberste Schicht massgebend und ebenso verhält es sich auch bei den geschichteten Pflasterepithelien. Je mehr man hier in die Tiefe kommt, um so mehr werden die Zellen unregelmässig polyedrisch und zu allerunterst liegt bei den geschichteten Pflasterepithelien stets eine Schicht, deren Zellen entschieden höher als breit sind, so dass man diese, wenn man sie isolirt betrachtet, als eine Schicht von Cylinderzellen ansprechen muss.

Das Epithel, welches auf dem Pericardium liegt, ist ein einfaches, ungeschichtetes Plattenepithel und ebenso auch das Epithelium des Endocardiums. Es ist dies ein gemeinsamer Charakter, der erstens zukommt allen serösen Häuten, und zweitens dem Innern von allen Gefässwänden. Alle serösen Häute, alle Blutgefässe und alle Lymphgefässe haben an ihrer inneren Oberfläche ein, so weit es sich isoliren, im abgelösten Zustande darstellen und ohne anderweitige Hilfsmittel zur Anschauung bringen lässt, ungeschichtetes Pflasterepithel. Es sind zwar an serösen Häuten unmittelbar unter diesem Pflasterepithel noch Umrisse, wie von einer zweiten Zellenschicht, durch Silberfärbung hervorgerufen, eine mehrfache Schichtung aber, wie sie die geschichteten Epithelien der Schleimhäute zeigen, findet man nirgends.

Die Herzklappen.

Wir gehen zu den Ventilen des Herzens, zu den Klappen über. Wir haben zwei Arten von Ventilen kennen gelernt, die einen, welche am arteriösen Ende des Ventrikels stehen, und welche die Anatomie mit dem Namen der Semilunarklappen belegt hat, und die anderen, welche am venösen Ende des Ventrikels stehen, und von denen die im linken Ventrikel Valvula mitralis, die im rechten Ventrikel Valvula tricuspidalis heisst. Die Klappen am arteriösen Ende des Ventrikels sind Taschenventile, und zwar bestehen sie sowohl in der Aorta, als in der Arteria pulmonalis aus je drei Taschen. Wenn eine Flüssigkeit sich in der Aorta rückläufig bewegt, so schlagen die drei Taschen, von der Flüssigkeit aufgebauscht, gegen einander und bilden so den Verschluss, indem sie sich zu einer dreischenkligen Figur gegen einander legen. Man kann sich die letztere von unten her sichtbar machen, wenn man in eine sammt den Klappen vom Ventrikel getrennte Aortenwurzel einen Trichter bindet und Wasser in denselben hineingiesst. Wenn Sie die Aorta vom

Ventrikel aus aufschneiden, so sehen Sie die drei Taschen neben einander liegen. Wenn Sie eine dieser drei Taschen ansehen, so werden Sie bemerken, dass sich in der Mitte des Randes eine kantige, verdickte Stelle befindet, der Nodulus Arantii. Jeder der drei Noduli füllt mit seinen Kanten 120⁰, so dass alle drei mit einander 360⁰ ausfüllen und so im Centrum den nöthigen Verschluss bilden. Zu jeder Seite des Nodulus sehen Sie einen Halbmond, in dem die Klappe bedeutend dünner ist als in ihren übrigen Partien. Dieser Halbmond entspricht demjenigen Theile, in welchem sich beim Verschluss der Klappen Klappe mit Klappe berührt. Der übrige Theil der Klappe aber, der dickwandiger ist, entspricht derjenigen Partie, welche beim Verschluss der Klappe gegen den Ventrikel hin gewendet ist. In dem dünneren Theile der Klappe können Löcher vorkommen, ohne dass hiedurch die Klappe insufficient wird. Beim Entstehen solcher Löcher schliesst in der ersten Zeit die Klappe noch, später, wenn die Oeffnung grösser wird und die Klappe sich auszerrt, regurgitirt Blut aus der Aorta in den Ventrikel. Wenn man eine grössere Anzahl von Aortenklappen durch Eingiessen von Wasser auf ihre Verschlussfähigkeit, ihre Sufficienz prüft, so wird man unter denen, welche sich als sufficient erwiesen haben, hinterher nach dem Aufschneiden und sorgfältigen Untersuchen gar nicht selten solche finden, bei denen eine oder die andere in ihrer verdünnten Partie ein Loch aufweist.

Die Klappen der Pulmonalarterie sind ganz ebenso beschaffen wie die Klappen der Aorta; sie sind nur dünner, schwächer, in Uebereinstimmung damit, dass der Druck in der Arteria pulmonalis niemals so hoch steigt wie in der Aorta.

Es ist klar, dass die Semilunarklappen sich schliessen, sobald die Ventricularsystole aufhört. Solange der Ventrikel sich zusammenzieht, treibt er Blut in die Aorta, beziehungsweise in die A. pulmonalis hinein. Der Druck ist also im Ventrikel grösser als in den Arterien, folglich muss auch die Klappe noch offen sein. Sobald aber der Druck im Ventrikel nachlässt, sobald die Muskelfasern des Ventrikels erschlaffen, wird der Druck in der Aorta, beziehungsweise in der A. pulmonalis grösser, das Blut macht eine rückgängige Bewegung und hiedurch werden die Klappen geschlossen. Die Klappen bewegen sich dabei passiv, wie ein Körper, der im Wasser flottirt. Wir werden später noch einmal auf die Mechanik dieser Klappen zurückkommen.

Eine andere Art der Ventile sind die Atrioventricularklappen, die Valvula bicuspidalis und die Valvula tricuspidalis. Sie sind weniger einfach und können weniger leicht auf gewöhnliche mechanische Vorrichtungen zurückgeführt werden. Am besten lassen sie sich noch mit E. H. Weber aus dem Röhrenventile ableiten. Denken Sie sich, Sie hätten zwei Röhren mit den Enden in einander gesteckt und eine kurze häutige Röhre zwischen ihnen eingeklemmt, deren anderes freies Ende Sie durch Fäden befestigen, so dass sie nicht in die engere Röhre zurückgestülpt werden kann. Dann wird Wasser aus der engeren Röhre in die weitere ohne Hinderniss fliessen, sobald dasselbe sich aber in der entgegengesetzten Richtung bewegen will, so wird es die schlaffen und nachgiebigen Wände der häutigen Röhre gegen einander drücken und sich hiedurch den Weg versperren. Nun denken Sie sich, Sie hätten an einem solchen Röhrenventil jederseits ein Stück ausgeschnitten, so dass

es zwar an seinem eingeklemmten Ende noch eine Röhre bleibt, an dem mit Fäden befestigten aber in zwei Lappen ausgeht. Es würden sich dann, wenn die Flüssigkeit zurückfliesst, die beiden Lappen aneinanderlegen und auf diese Weise einen Verschluss bilden. Das ist das Bild der Valvula mitralis, die ihren Namen von den beiden zungenförmigen Lappen hat, welche mit den beiden heraufgeschlagenen Theilen einer Bischofsmütze verglichen wurden. Die Fäden, welche die Klappen am Durchschlagen hindern, sind die sogenannten Chordae tendineae, welche von der Klappe aus zum grössten Theil zu den Papillarmuskeln, zum kleinen Theile auch zu prominirenden Fleischbalken an der inneren Seite des Ventrikels gehen. Welche Bedeutung hat es, dass die Chordae tendineae fast sämmtlich an Papillarmuskeln befestigt sind?

Das hat einen wesentlichen Nutzen für die Fixirung der Klappe während der Systole des Ventrikels. Denken Sie sich die Sehnenfäden einfach zur Herzwand gehend, und denken Sie sich den Ventrikel sich zusammenziehen, so wird die Höhle des Ventrikels nicht nur enger, sondern sie wird auch kürzer werden: wenn also die Sehnenfäden einfach zur Wand gingen, so würden die betreffenden Theile der Wand um ebenso viel in die Höhe, das heisst dem venösen Ostium näher rücken, als der Ventrikel sich verkürzt, und die Folge davon würde sein, dass ein neuer Spielraum für die Klappen entstände, und dass dieselben gegen den Vorhof hinausgedrängt werden könnten. Dabei würde die vollständige Entleerung des Ventrikels unmöglich sein. Nun gehen aber die Fäden nicht einfach zur Herzwand als solcher, sondern sie gehen zu den Papillarmuskeln, und während das Herz sich verkürzt, verkürzen sich auch die Papillarmuskeln, während durch die Verkürzung des Herzens die Befestigung der Chordae tendineae gehoben wird, wird sie durch die Verkürzung der Papillarmuskeln wieder nach abwärts gezogen, und so geschieht es, dass die Klappen nicht nur nicht durchschlagen, sondern dass sie wahrscheinlich gegen das Ende der Systole noch etwas nach abwärts gegen den Ventrikel zu gezogen werden.

Die Papillarmuskeln stehen dabei nicht unter den Lappen der Klappe, sondern sie stehen immer in den Zwischenräumen zwischen den Lappen der Klappe. Es hat dies den Nutzen, dass die Richtung des Zuges günstiger wird. Würden die Papillarmuskeln unter den Lappen der Klappe stehen, so würde es in dem Zuge der Fäden eine Componente geben, die die Lappen der Klappe von einander zu entfernen sucht. Jetzt aber, wo die Papillarmuskeln in den Zwischenräumen zwischen je zwei Lappen stehen, wirkt die eine Componente nach abwärts, und die andere wirkt in der Richtung gegen die andere Klappe hin, so dass die letztere Componente die Ränder der beiden Klappen nicht von einander, sondern gegen einander zieht.

Nicht minder lehrreich ist die Art der Befestigung an der Klappe. Die Sehnenfäden setzen sich nicht nur an den Rand der Klappe, sondern sie verzweigen sich, bilden Arkaden, und heften sich so zwar nicht auf der ganzen, aber doch auf einem grossen Theile der unteren Fläche der Klappe an. Das hat einen wesentlichen Nutzen für die Sicherung der Lage der Klappen während der Systole. Wenn sie sich nur am Rande befestigten, so würde die Klappe segelartig gegen den Vorhof ausgebaucht werden können: da sie sich aber in grösserer Ausdehnung an der unteren

Fläche befestigen, so muss die Klappe mehr in ebener Lage erhalten werden.

Ueber die Valvula tricuspidalis, die Atrioventricularklappe des rechten Ventrikels, ist nichts wesentlich Neues zu sagen. Sie können Alles, was ich Ihnen eben über die Mitralklappe gesagt habe, auf die Tricuspidalis anwenden, nur mit dem Unterschiede, dass bei der Tricuspidalklappe das Röhrenventil durch drei Ausschnitte in drei Lappen getheilt ist, während es bei der Mitralklappe nur durch zwei Ausschnitte in zwei Lappen getheilt ist.

Wann schliessen sich nun diese Klappen? Darüber ist gestritten worden. Die Einen haben gesagt: Die Klappen schliessen mit dem Anfang der Systole des Ventrikels. Die Anderen haben gesagt: Nein, dann ist die Klappe schon geschlossen, die Klappe schliesst schon, wenn die Systole des Vorhofs aufhört, und die Contraction des Ventrikels ist zur Verschliessung der Klappe gar nicht nothwendig: wenn man ein Herz mit einem eröffneten Vorhofe an einem Ringe aufgebunden hat, so dass die Bicuspidal- oder Tricuspidalklappe offen daliegt, und man von oben einen Guss Wasser hineinstürzt, so zeigt es sich, dass unter diesem Sturze die Klappe sich hebt und zusammenschlägt. Ueber den Zeitpunkt kann kein ernstlicher Zweifel vorhanden sein, da keine Pause zwischen der Systole des Vorhofs und der Systole des Ventrikels existirt, sondern die Systole des Ventrikels unmittelbar der des Vorhofs folgt. Auf der Grenze dieser beiden Bewegungen muss der Verschluss der Klappe erfolgen. Es fragt sich nur: Was ist denn eigentlich die Ursache, ist es die Systole des Vorhofs oder die Systole des Ventrikels? Die Systole des Vorhofs kann offenbar die Ursache nicht sein, da ihre nächste Wirkung die ist, dass sie die Klappen öffnet, denn sie soll ja Flüssigkeit, Blut, aus dem Vorhofe in den Ventrikel hineinschütten, aber durch eine secundäre Wirkung bereitet sie schon den Verschluss der Klappen vor. Das Innere des Herzens ist, wie Sie wissen, im höchsten Grade uneben, es sind die Papillarmuskeln darin, und die Trabeculae carneae, vorspringende Muskelbalken. Das Blut kann ferner zunächst nicht fort, sondern es wird wie in einen Topf in den Ventrikel hineingeschüttet, oder, wie wir später sehen werden, der Ventrikel gewissermassen über dasselbe hinübergezogen. Die Folge davon ist, dass Wirbel, zahlreiche rückgängige Bewegungen entstehen, und diese heben die Klappe auf, bringen sie von der Wand des Herzens weg, so dass sie flottirt in der sich bewegenden Blutmasse. Das ist es auch, was man erzielt, wenn man von oben her in einen Ventrikel einen plötzlichen Wassersturz hineingiesst: schliessen aber kann sich die Klappe nicht, so lange sich der Vorhof noch weiter contrahirt; denn so lange ist der Druck im Vorhof grösser als im Ventrikel; schliessen kann sich die Klappe erst dann, wenn der Druck im Ventrikel grösser wird als der Druck im Vorhofe. Das ist also der wahre Moment, in dem die Klappe sich schliesst; aber ihr Verschluss ist schon durch die Wirbelbewegung vorbereitet, welche durch die Contraction des Vorhofes indirect hervorgerufen wird, und somit findet nun der Verschluss ohne wesentliche Regurgitation, ohne Zurückwerfen von Blut in den Vorhof statt.

In den Atrioventricularklappen kommen quergestreifte Muskelfasern vor. Sie liegen auf der Vorhofseite, während die übrige Masse

der Klappen, wie die der Semilunarklappen, aus fibrösem Gewebe, untermischt mit elastischen Fasern, besteht. Diese Muskelfasern hat schon Kürschner gekannt, sie sind dann geleugnet worden, dann wieder beschrieben, und in neuerer Zeit hat sie Gussenbauer ausführlich untersucht. Man sieht sie nicht gut an Durchschnitten von einfach getrockneten Klappen, weil da die Muskelfasern sich zu sehr abplatten und undeutlich werden: man muss die Klappen erst in Weingeist legen und sie darin erhärten lassen; dann muss man sie trocknen und Durchschnitte machen. Die Muskelfasern bilden Ringe an den Insertionsstellen sowohl im rechten als im linken Ventrikel, und ausserdem findet man eine Schicht von radialen Fasern, welche noch über den Ring von circularen Muskelfasern hinausgeht, so dass diese Muskelfasern sich in beiden Klappen, sowohl in den Lappen als im Saume, auf den dritten Theil und auch noch etwas darüber von der Breite der ganzen Klappe erstrecken.

Es liegt nahe, dass, wenn der Vorhof sich zusammenzieht und die Bewegung im Begriffe ist, auf den Ventrikel überzugehen, dann diese Fasern, die im directen Zusammenhange mit den Vorhoffasern stehen, sich auch zusammenziehen werden. Es fragt sich nur: Was ist der erdenkliche Nutzen dieser Muskelfasern, da wir ja die Mechanik der Klappen auch ohne diese Fasern ganz gut verstehen? Fragen wir zunächst: Was haben diese Muskelfasern für eine Wirkung? Wenn die Kreismuskelfasern sich zusammenziehen, so ist es klar, dass sie dadurch die Klappen in diejenige Ebene zu heben suchen müssen, in welcher die periphere Befestigung der Klappe liegt, und die Radialmuskelfasern, wenn sie sich zusammenziehen, werden die Klappen verkürzen. Beide zusammen werden also die Klappe mit ihren Lappen gleichsam aus dem Ventrikel herauszuheben oder doch in demselben emporzuheben suchen. Sobald die Vorhofsystole aufhört und die Ventrikelsystole anfängt, werden diese Muskelfasern wieder erschlaffen. Sie müssen also offenbar eine Thätigkeit haben, die nur vorbereitend für den Verschluss der Klappen ist, und das sieht man auch nach dem Gesagten ganz gut ein. Sie unterstützen diejenige Bewegung, welche schon durch die Blutwirbel im Herzen angeregt wird, sie geben eben dieser Bewegung mehr Regelmässigkeit. Denken Sie sich diese Klappen unmittelbar vor der Ventrikelsystole herabhängen, so würde zwischen ihren Lappen eine gewisse Quantität Blut sein, welche nun, wenn das Herz sich zusammenzöge, in den Vorhof zurückgedrängt werden würde. Aus diesem Blute heben die Muskelfasern die Klappen heraus, so dass eine Portion Blut, die früher noch über ihnen, an ihrer Vorhofseite lag, nun an ihrer Ventricularseite liegt und nicht in den Vorhof hinein regurgitirt werden kann.

Die Acte der Herzcontraction.

Suchen wir jetzt kurz, um eine allgemeine Vorstellung von der Mechanik des Herzens zu bekommen, die Momente auf, in welchen sich das Herz contrahirt. Zuerst ziehen sich die Venen zusammen, und zwar die Hohlvenen und die Lungenvenen in demjenigen Theile, der sich innerhalb des Herzbeutels befindet; an diesem finden sich noch

quergestreifte Muskelfasern. Man kennt sie seit langer Zeit sowohl an den Hohlvenen, als an den Lungenvenen. Ueber ihre Ausdehnung haben verschiedene Angaben existirt. In neuerer Zeit sind die von Elischer wieder untersucht worden. Fig. 19 zeigt sie nach Elischer's Zeichnungen an den rechten Lungenvenen, Fig. 20 an der aufgeschlitzten oberen Hohlvene. *a* bezeichnet in letzterer die Mündung der Vena azygos,

Fig. 19.

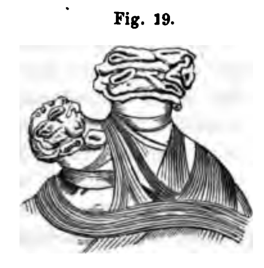
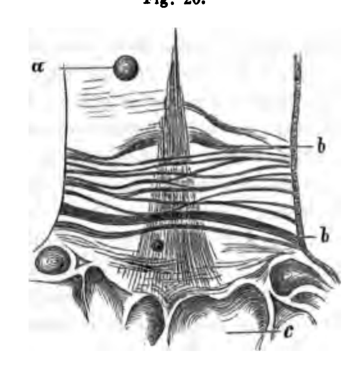


Fig. 20.



b b sind die ringförmig verlaufenden Muskelbündel, *c* das Vorhofende. Die Contraction der Venen hat zur Folge, dass noch ein Theil des in ihnen enthaltenen Blutes in den Vorhof hinausgestossen wird, und dann die zweite Folge, dass sich die Communication zwischen Venen und Vorhof zur Zeit der Vorhofsystole verengert, so dass, wenn nun die Vorhofsystole beginnt, gegen die Venen hin ein grösserer Widerstand vorhanden ist als gegen den Ventrikel hin, denn der Eingang in den Ventrikel ist zu dieser Zeit ja frei und offen, so dass das Blut unmittelbar in denselben hineinstürzen kann. Nun zieht sich der Vorhof zusammen und unmittelbar darauf der Ventrikel, so dass die Contraction sich gewissermassen fortsetzt, von den quergestreiften Muskelfasern der Venen auf den Vorhof und von diesen auf den Ventrikel. Nachdem der Ventrikel sich zusammengezogen hat, folgt die sogenannte Herzpause, ein kurzer Moment, nach welchem wiederum die Contraction an den Venenmuskeln beginnt und wieder von Neuem über das ganze Herz abläuft.

Bei den Amphibien ist der Typus ein etwas anderer, indem sich Ventrikel und Vorhof in mehr gleichmässigem Wechsel contrahiren. Man kann dies sehr gut an den Fröschen sehen, so lange das Herz noch im Herzbeutel liegt. Vorhof und Ventrikel wechseln in ihrer Contraction stetig miteinander ab. Wenn der Vorhof sich zusammenzieht, erschlafft der Ventrikel, wenn der Ventrikel sich zusammenzieht, erschlafft der Vorhof, und so geht es immer hin und her, so dass es fast aussieht, als ob die ganze Herzcontraction darin bestände, dass die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel nach aufwärts oder nach abwärts schwankt.

Bau der Schlagadern.

Schon die alten Anatomen und Chirurgen unterschieden drei Arterienhäute, eine Tunica intima, eine Tunica media und eine Tunica adventitia.

Auch wir bleiben im Wesentlichen bei dieser Eintheilung stehen, nur dass wir die mikroskopische Zusammensetzung jeder dieser einzelnen Schichten näher erörtern.

Zu innerst geht durch das ganze Arteriensystem ein Epithel oder, wie es auch genannt wird, ein Endothel, welches eine Fortsetzung des Endothels des Herzens ist. Das Epithelium ist ungeschichtet, die Zellen sind platt, nach der Axe des Gefässes bedeutend verlängert, haben, abgesehen von den grossen Unregelmässigkeiten in ihrer Gestalt, eine rhombische Grundform, und der Kern ist auch länglich, elliptisch. Sie erhalten dieses Epithel, wenn Sie über eine frisch geöffnete Arterie mit der Schärfe des Scalpells hinstreichen und das, was sich an der Schneide desselben anlegt, mit etwas Wasser unter das Mikroskop bringen. Sie werden aber dann oft bemerken, dass die einzelnen Zellgrenzen nicht deutlich sind, sondern dass Sie die Anordnung der Zellen nur an der Art und Weise erkennen, wie die Kerne in regelmässigen Abständen gelagert sind. Es sind also die Zellen so miteinander verschmolzen, dass ihre Grenzen an vielen Stellen, wenigstens im frischen Zustande, nicht sichtbar sind, und das Ganze vielmehr eine Membran darstellt, in welcher in regelmässigen Abständen Kerne eingelagert sind. Dergleichen Membranen, die man sich als durch die Verwachsung von Epithelzellen entstanden denkt, belegt man mit dem Namen der Epithelialmembranen.

Wenn Sie jetzt einen kleinen Lappenschnitt in die innere Oberfläche der Arterienwand machen und ganz oberflächlich mit der Pincette zu zupfen beginnen, so werden Sie bemerken, dass Sie zuerst eine dünne Haut der Länge nach abziehen können. Diese Haut ist, wie gesagt, dünn, dabei durchsichtig, fest und elastisch, und wenn Sie sie unter dem Mikroskope untersuchen, so finden Sie, dass sie aus Netzen von elastischen Fasern besteht, so zwar, dass die elastischen Fasern mit ihrer Hauptrichtung nach der Länge des Gefässes verlaufen. Diese sogenannte elastische Längsfaserhaut der Arterien bildet mit dem Epithel zusammen die Tunica intima.

Wenn Sie dieselbe abgezogen haben und nun fortfahren mit der Pincette zu zupfen, so finden Sie, dass Sie nichts mehr der Länge nach reissen können, sondern dass Sie jetzt der Quere nach bündelweise oder lappenweise die Elemente der Arterienwand abziehen müssen. Sie sind jetzt in der Tunica media, in der Ringfaserhaut, und wenn Sie das, was Sie abziehen, unter das Mikroskop bringen, so finden Sie, dass es aus zweierlei Elementen besteht, erstens der Hauptmasse nach aus contractilen Faserzellen und zweitens aus elastischen Fasernetzen, welche zum Theil zu elastischen Platten und elastischen Membranen verschmolzen sind.

Die Muskelfasern finden sich nicht in relativ grösserer Masse in den grössten Arterien. In der Aorta und in den Aesten, welche unmittelbar von ihr ausgehen, überwiegen die elastischen Elemente. Daher kommt auch die grössere Festigkeit und das gelbliche Aussehen in der Wandung dieser grossen Arterien. Die Muskeln, die einzelnen contractilen Faserzellen sind hier auch noch verhältnissmässig kurz und unregelmässig gestaltet, so dass, wenn man sie unter dem Mikroskope sieht, man auf den ersten Anblick glauben kann, man habe es mit Epithelialzellen, nicht mit contractilen Faserzellen zu thun. Erst wenn man weiter in die Arterien von mittlerem Caliber hineingeht, bemerkt man durch eine

leihe von continuirlichen Uebergängen, dass diese Zellen immer länger nd länger werden und nun endlich ganz das Bild der glatten Muskelsern, wie man sie in anderen Organen findet, darstellen, mit ihrem nglichen, fast bandförmigen, an den Enden allmälig verjüngten und gespitzten Zellenleibe, und ihrem nach der Längsaxe der Zelle stark rlängerten Kerne. Auch durch mechanische und electrische Reizung r Arterien kann man sich überzeugen, dass man es hier wirklich mit ntractilen Elementen zu thun hat, dass sich die mittlere Arterienhaut sammenzieht. Die Schlagadern vom mittleren Durchmesser enthalten uskelfasern in relativ grösserer Menge als die Aorta und die grossen este, die unmittelbar von ihr abgehen, und diese Muskelfasern können s zu den letzten Aesten der Arterien verfolgt werden. Bei mikroskoschen Arterien, deren Präparation mit dem Messer nicht möglich ist, kennt man in den mikroskopischen Bildern an den quergestellten Kernen ch den Verlauf der einzelnen Muskelfasern der Ringfaserhaut.

Die elastischen Elemente sind in starken Fasernetzen zwischen den nzelnen Lagen von Ringmuskelfasern eingeschaltet, und im Verlaufe der it wandeln sich diese elastischen Fasernetze zum Theil in Platten, Lamellen um, welche an ihrer Oberfläche noch die Figuren der stischen Fasernetze zeigen, ausserdem aber von eigenthümlichen, meist iptisch gestalteten Löchern durchbrochen sind, deren Ursprung man cht sicher kennt, welche aber diesen Lamellen den Namen der gesterten Membranen gegeben haben. Diese Structur also, eine stete bwechslung von Ringmuskelfasern und von elastischen Platten und sernetzen, setzt sich durch die ganze Media fort, und aus dieser besteht Hauptmasse der ganzen Arterienwand im engeren Sinne des Wortes. enn man sie nach und nach heruntergezupft hat, indem man fortihrend von innen nach aussen fortschreitet, so bemerkt man, dass man im weiteren Zupfen nicht mehr der Quere nach reissen kann, sondern ss die Elemente nach allen verschiedenen Richtungen durcheinanderfilzt sind, und wenn man jetzt wieder eine Probe unter das Mikroskop ingt, so findet man, dass die Muskelfasern verschwunden sind, dass an es nur noch mit elastischen Fasern zu thun hat, welchen wenig indegewebe beigemengt ist. Dies ist die Schicht, welche den Uebergang ildet von der mittleren Arterienhaut zu der Tunica adventitia, und da iese Schicht sich durch ihren sehr grossen Reichthum an elastischen asern auszeichnet, so dass diese hier in der That die Hauptmasse bilden nd nur wenig Bindegewebe beigemengt ist, so hat Henle diese Schicht it dem Namen der Tunica elastica propria bezeichnet. Wenn man tzt noch weiter nach aussen geht, so mengt sich den elastischen Fasern nmer mehr Bindegewebe bei, so dass nun bald das Bindegewebe die Hauptmasse ausmacht und nur noch relativ wenig elastische Fasern emselben beigemengt sind. Diese Schicht, die von ungleicher Dicke und äufig nach aussen durch keine bestimmte Grenze abgegrenzt ist, nennt an Tunica adventitia oder Bindegewebsscheide der Arterie.

Wenn man den Schlagadern gegen ihre Verzweigungen hin folgt, so bleibt der Bau im Wesentlichen derselbe, nur dass zuletzt an den kleinen mikroskopischen Arterien die verschiedenen Schichten nicht mehr so genau unterschieden werden können, wie dies bei den grösseren der Fall ist. Doch kann man die Hauptschichten auch hier noch wahr-

nehmen. Wenn man eine solche Arterie unter dem Mikroskope betrachtet, so findet man nach innen, der Axe zunächst, eine Längsstreifung, und in den Längsstreifen sieht man längliche Kerne liegen. Die Längsstreifen rühren von der Intima her und die Kerne vom Epithel. Die Längsstreifen sind aus der Intima dadurch entstanden, dass die nun leere Arterie sich nach dem Tode zusammengezogen hat, und die Intima in Falten gelegt worden ist. Ferner sieht man verlängerte Kerne der Quere nach liegen: das sind die Kerne der Muskelfasern der Tunica media. Endlich nach aussen davon sieht man wieder blasse Streifen und in diesen weniger verlängerte, mehr rundliche Kerne eingelagert, deren grösster Durchmesser der Längsaxe des Gefässes parallel liegt. Diese Streifen sind die Faserzüge des Bindegewebes der Adventitia und die Kerne sind die Kerne, welche diesem Bindegewebe angehören.

Von dem Bilde, welches ich Ihnen vom Baue der Arterien im Allgemeinen gegeben habe, weichen am meisten ab die Nabelarterien. Es geht dies namentlich aus den Untersuchungen hervor, die Dr. Strawinski im hiesigen Laboratorium angestellt hat. Die Wand der Nabelarterie ist relativ dicker als die anderer Schlagadern und ihre innere Oberfläche nicht so glatt und eben. Es zeigen sich zahlreiche streifenförmige Hervorragungen, die theils der Länge nach, theils schief verlaufen und unter spitzen Winkeln zusammenstossen. An anderen Stellen ist die innere Oberfläche mit zahllosen kleinen Erhabenheiten besäet. Auch grössere polsterartige Erhabenheiten kommen bisweilen vor, namentlich in der Nähe des Nabelringes, ferner im weiteren Verlaufe einseitige Verdickungen und Verdünnungen der Wand. Histologisch sind die wichtigsten Unterschiede: der sehr grosse Reichthum an Muskelfasern und die Armuth an elastischen Fasern, die Unregelmässigkeit im Verlaufe der Muskelfasern, so dass Fasern in allen Richtungen vorkommen, und vielfältig Längsmuskelfasern in bedeutender Masse nach innen von den Ringmuskelfasern liegen, endlich der gänzliche Mangel einer eigenen elastischen Intima im grössten Theile des Verlaufes der Arterie. Durch diese histologischen Eigenthümlichkeiten wird es möglich, dass sich die Nabelarterien, wie wir später sehen werden, im Nabelringe und über denselben hinaus durch Contraction ihrer Ringfasern vollständig verschliessen, nachdem das Kind geboren worden ist.

Längsmuskeln sind, und zwar in verschiedenen Schichten, auch in anderen Arterien gefunden worden, in der Aorta, Carotis, Subclavia, Iliaca communis, Cruralis und anderen. Nach Carl Bardeleben sind in der Subclavia die Längsmuskeln sogar stärker entwickelt als die Ringmuskeln.

Die Capillaren.

Wenn wir von den Arterien in die Capillaren übergehen, so vereinfacht sich der Bau zusehends. Wir unterscheiden im frischen Zustande nur noch eine einfache glashelle durchsichtige Röhre als die Membran des Capillargefässes, und in der Wand der Röhre Kerne eingelagert, häufig, wie zuerst Stricker beobachtete, mit mehr oder weniger Protoplasma, das noch durch seine feine Punctirung und seinen zarten Contour deutlich für das Auge unterscheidbar ist. Man hat auch bis vor wenigen

Jahren allgemein gesagt, die Wände der Capillargefässe beständen aus einer structurlosen Membran, in welcher von Stelle zu Stelle und mit Vorliebe an den Knotenpunkten des Maschenwerkes Kerne eingelagert seien. In neuerer Zeit haben die meisten Anatomen sich darüber eine andere Ansicht gebildet. Sie stellen sich's jetzt im Allgemeinen so vor, als ob von den Arterien und auch von den Venen, wenn man sich den Capillaren nähert, nach und nach die äusseren Schichten schwänden und zuletzt nur das Endothelrohr übrig bliebe, welches in das Bindegewebe eingelagert, oder nach Anderen noch von einem dünnen Häutchen überzogen ist. Die Ursache dieser Wandlung in den Ansichten ist folgende: Man fing an, die Gefässe mit einer sehr verdünnten Lösung ($\frac{1}{2}$ pCt.) von salpetersaurem Silberoxyd auszuspritzen und fand dann, dass, wenn man hinterher die Epithelien mikroskopisch untersuchte, sich nun auch da, wo man früher nichts als Epithelialmembranen gesehen hatte, wo man die Zellengrenzen nicht hatte unterscheiden können, braune Linien zeigten, die in verschiedener Gestalt und mit mehr oder weniger Regelmässigkeit Felder abgrenzten, in denen häufig noch in der Mitte Kerne zu erkennen waren: Man sagte sich deshalb, wir haben hier die Zellengrenzen der Epithelien dargestellt. Wenn man nun die Capillaren in derselben Weise injicirt und untersucht, so findet man auch auf ihnen dergleichen Linien, und man findet auch, wenn nicht immer, doch häufig, in den Feldern, welche hier entstehen, Zellenkerne. Man sagte deshalb: die Capillaren haben auch ein Epithelium oder, wie Einige wollten, sie bestehen aus einem Epithelialrohr, welches man sich von den Gefässen fortgesetzt denken kann: denn die Zeichnungen, die sich hier in den letzten Arterien und Venen finden, gehen unmittelbar in die Zeichnungen über, welche sich in den Capillargefässen finden. Es muss hierzu Folgendes bemerkt werden. Es steht zunächst fest, dass die Capillaren bei ihrer Bildung nicht etwa aus solchen Zellen zusammenwachsen; darüber sind Alle einig, die den Gegenstand selbst untersucht haben. Sie alle sind darin einig, dass die Capillaren sich dadurch vermehren, dass irgendwo aus einem fertigen Capillargefässe, aus dem Protoplasma, das noch einen wesentlichen Bestandtheil der Wand ausmacht, ein spitzer Fortsatz herauswächst, oder richtiger, da ja das Protoplasma, so lange es noch contractil ist, Fortsätze ausschieben kann, sich herausschiebt, dem sich von einer andern Seite, von einem andern Capillargefässe aus ein Fortsatz entgegenschiebt, diese mit ihren Spitzen sich erreichen, und auf diese Weise eine Brücke entsteht, welche dann nach und nach hohl wird. Das ursprüngliche Capillargefäss ist ein einfacher hohlgewordener Protoplasmastrang. Wenn man also auch annehmen will, dass alle bisher an den Capillaren dargestellten Silberlinien wirklich Zellgrenzen sind, so sind es wenigstens nicht die Grenzen von Zellen, aus denen die Capillargefässe entstanden sind, sondern es sind die Grenzen von Zellarealen, in welche die Capillarwand bei weiterem Wachsthum nach und nach zerfallen ist, oder Grenzen von Zellen, die sich in das Capillargefäss, nachdem es bereits als Röhre existirte, hineingebildet haben. Ferner hat Federn nachgewiesen, dass die Silberlinien nicht der Ausdruck von platten, bandartigen, die Zellen von einander trennenden Schichten, sondern der Ausdruck von drehrunden, von draht- oder fadenförmigen Gebilden sind. Man muss also entweder annehmen, dass

die vermeintliche sich durch Silber färbende Kittsubstanz in drehrunden Strängen zwischen den Zellen abgelagert sei, oder dass die ganzen Silberbilder von einem mit Flüssigkeit gefüllten Canalsysteme herrühren, dessen drehrunde Rinnsale zwischen den übrigens hart an einander stossenden Zellen verlaufen.

Es ist vermuthet worden, dass Federn andere Gebilde vor sich gehabt habe als andere Beobachter, weil seine Bilder von den Maschenfiguren viel complicirter und unregelmässiger sind; aber dies rührt theils daher, dass damals noch nicht, wie es auf Rollet's Empfehlung später geschehen, die versilberten Gefässe nachträglich mit farbloser Leimlösung prall gefüllt wurden, um sie in ihren Wänden zu glätten: andererseits rührt es daher, dass in den verschiedenen Capillaren die Figuren sehr verschieden und in einem grossen Theile in der That sehr complicirt und unregelmässig ausfallen. Die drehrunde Beschaffenheit der Stränge ist ihnen aber allen gemeinsam.

Sind die Capillaren contractil? Sie haben keine Muskelfasern; aber vor einer Reihe von Jahren hat Stricker Veränderungen in ihrem Durchmesser beobachtet, welche wahrscheinlich mit der Thätigkeit von noch contractilem Protoplasma in ihren Wänden zusammenhängen. Seitdem haben Golubew und Fürst Tarchanoff an Fröschen und Froschlarven beobachtet, dass hier längliche Verdickungen der Capillarwand, die aus einem in dieselbe eingelagerten Kerne mit umgebendem Protoplasma bestehen, sich auf electrische Reizung verkürzen und sich dabei oft so stark gegen das Lumen vordrängen, dass sie den Blutkörperchen den Weg versperren. Nach Stricker's weiteren Untersuchungen ist jedoch die Contractilität auf Inductionsschläge bei den Fröschen, an denen bisher immer beobachtet wurde, normaler Weise auf sehr frühe Jugendzustände beschränkt. Das beste Object bilden Larven von 10 bis 12 Millimeter Länge.

Die Venen.

Die kleinsten Venen unterscheiden sich unter dem Mikroskope schon von den kleinsten Arterien dadurch, dass sie dünnwandiger sind, und dass die Kerne, welche den Muskelfasern angehören, weniger regelmässig quer gegen die Axe des Gefässes gelagert sind. Die Venen von mittlerem Durchmesser haben drei Häute, wie die Arterien; sie unterscheiden sich aber, wie die Venen im Allgemeinen, von den Arterien dadurch, dass sie erstens dünnwandiger sind und zweitens relativ weniger elastische Fasern haben und relativ mehr Bindegewebe. Das hängt damit zusammen, dass einerseits, wie wir später sehen werden, der Druck, welcher auf der Venenwand lastet, viel geringer ist als der Druck, welcher auf der Arterienwand lastet, und zweitens von der Vene nicht in der Weise, wie von der Arterie verlangt wird, dass sie durch die Action ihrer Wandung während der Diastole des Ventrikels das Blut in progressiver Richtung forttreibe.

Zu innerst liegt, wie bei den Arterien, ein einfaches, ungeschichtetes Plattenepithel, dann folgt eine elastische Längsfaserhaut, bestehend aus elastischen Fasernetzen und elastischen Lamellen. Hierauf folgt eine Lage von längslaufendem Bindegewebe, welches diese elastische Intima von der Media trennt. Dann kommt die Media mit ihren im Allgemeinen ringförmig verlaufenden Muskelfasern und auch elastischen Elementen,

welche aber, wie gesagt, weniger reichlich darin enthalten sind, als in der gleichnamigen Schichte der Arterien. Endlich folgt nach aussen die Adventitia, bestehend aus im Allgemeinen längslaufendem Bindegewebe. Unter demselben, zwischen ihm und der Media finden sich aber an vielen grösseren Venen auch Längsmuskelfasern untermischt mit elastischen Fasern. Die grössten Venen unterscheiden sich in ihrem Baue von den Venen mittleren Durchmessers, indem an der oberen und unteren Hohlvene die Muskulatur der Media gänzlich schwindet. Dafür tritt im Lebertheile der Cava, in oder, wenn man will, unter der Adventitia derselben eine besonders reichliche Muskulatur von der Länge nach und schief verlaufenden Muskelfasern auf.

Relativ am reichsten an Muskelfasern sind die Venen des schwangeren Uterus, in welchen alle drei Schichten der Wand Muskelfasern enthalten. Dagegen gibt es aber auch auf der anderen Seite Venen, in welchen gar keine Muskelfasern vorkommen. Das sind zunächst die Venen des mütterlichen Theiles der Placenta, dann die Sinus der harten Hirnhaut und die in den Knochen verlaufenden, sogenannten Brechet'schen Venen, dann die Venen der Retina und die meisten Venen des Gehirns und der Pia mater, endlich auch die Venen der Corpora cavernosa penis, insofern die Muskelfasern dort keinen unmittelbaren Bestandtheil der Venenwand ausmachen.

Die den Rückfluss des Blutes in den Venen hindernden Klappen sind Taschenventile, jedes aus zwei Taschen bestehend. Die letzteren sind vom Endothel überkleidet und bestehen aus Bindegewebe und elastischen Fasern. Muskelfasern scheinen sie nicht zu enthalten.

Die physikalisch-physiologischen Eigenschaften der Gefässwände.

Nachdem wir nun die Gefässe von ihrem Anfang bis zu ihrem Ende kennen gelernt haben, wollen wir uns noch kurz Rechenschaft zu geben suchen von der Bedeutung der einzelnen Gewebselemente in den Wandungen derselben. Von den elastischen Elementen haben wir bereits gesprochen. Wir haben bereits gesehen, dass die Elasticität der Arterien wesentlich dazu dient, einen Theil der Propulsionskraft des Herzens aufzuspeichern, in Spannkraft umzuwandeln, so dass diese Spannkraft während der Diastole des Herzens zu Diensten ist, die Arterien sich während dieser Zeit zusammenziehen und das Blut vorwärts treiben. Von den Muskelfasern weiss man, dass sie sich nicht etwa rhythmisch zusammenziehen und dadurch, wie die alten Aerzte glaubten, den Puls hervorbringen. Wir wissen, dass ihre Bewegung viel zu langsam ist, als dass ihnen eine solche rhythmische Bewegung, wie sie der Pulsschlag darstellt, zugemuthet werden könnte. Nichtsdestoweniger scheinen sie nach den neuesten Untersuchungen doch eine rhythmische Bewegung zu haben, die aber nicht isochron ist mit dem Herzschlage, sondern isochron ist mit den Athembewegungen. Wir werden auf diesen Gegenstand später, wenn wir von den Respirationsschwankungen im Blutdruck reden, zurückkommen. Im Uebrigen aber wirken die Muskelfasern zunächst als unterstützende Elemente für die elastischen. Früher war man der Meinung, dass es für die elastischen Körper eine bestimmte Grenze gebe, die sogenannte Elasticitätsgrenze, bis zu welcher sie ausgedehnt werden könnten, ohne eine dauernde Veränderung ihrer Dimensionen zu erleiden:

nur wenn sie über die Elasticitätsgrenze hinausgedehnt würden, sollten sie eine bleibende Veränderung erfahren. Die Untersuchungen von Wertheim haben aber gezeigt, dass dies nicht streng richtig ist, sondern dass ein Körper, wenn er auch innerhalb seiner Elasticitätsgrenze gedehnt wird, doch eine dauernde Veränderung erleide, wenn die Dehnung sehr lange dauert, oder wenn er sehr oft hinter einander gedehnt wird, wie man dies an dem durch Benutzung eintretenden Lahmwerden auch der besten Sprung- und Uhrfedern praktisch längst erfahren hatte, ohne dass man sich die sichere Ueberzeugung verschafft hätte, dass diese Veränderung wirklich auch ohne Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze erfolgt sei. Es ist also von Wichtigkeit, dass den elastischen Elementen in den Arterien, die so überaus oft gedehnt werden, Tag und Nacht immerfort, 60 bis 70mal in der Minute, und immer wieder in ihre frühere Lage zurückgehen sollen, in den Muskelfasern ein Element zugegeben ist, welches sie durch seine lebendige Contractilität unterstützt. Denn die Muskelfasern üben ja auch elastische Wirkungen aus, aber ohne nach Art der todten elastischen Gebilde in ihnen mit der Zeit zu erlahmen.

Weiter wirkt die Muskulatur auf die Vertheilung des Blutes. Sie regulirt die Vertheilung des Blutes insofern, dass, wenn die Arterien eines Organes sich zusammenziehen, dasselbe an Blut verarmt, weil die Zufuhrsstrasse verengt ist, und andererseits wird dasselbe reichlicher mit Blut gespeist, wenn sich die Arterien erweitern. An den Venen hat man periodische Bewegungen gesehen, so an den Venen in den Ohren der Kaninchen. Die hieher gehörigen Erscheinungen sind aber noch dunkel, und man weiss nicht, in wie weit sie von der Contractilität der Venen als solchen abhängen, oder von einer periodisch stärkeren oder schwächeren Speisung dieser Venen herrühren. Das Resultat muss für die Beobachtung, wie Sie leicht einsehen, dasselbe sein, denn man hat eben nichts Anderes beobachtet, als dass der Blutstrom einmal in den Venen schmäler, das andere Mal breiter wird; ausfüllen muss der Blutstrom die Venen auf alle Fälle.

Der Blutdruck in den Schlagadern.

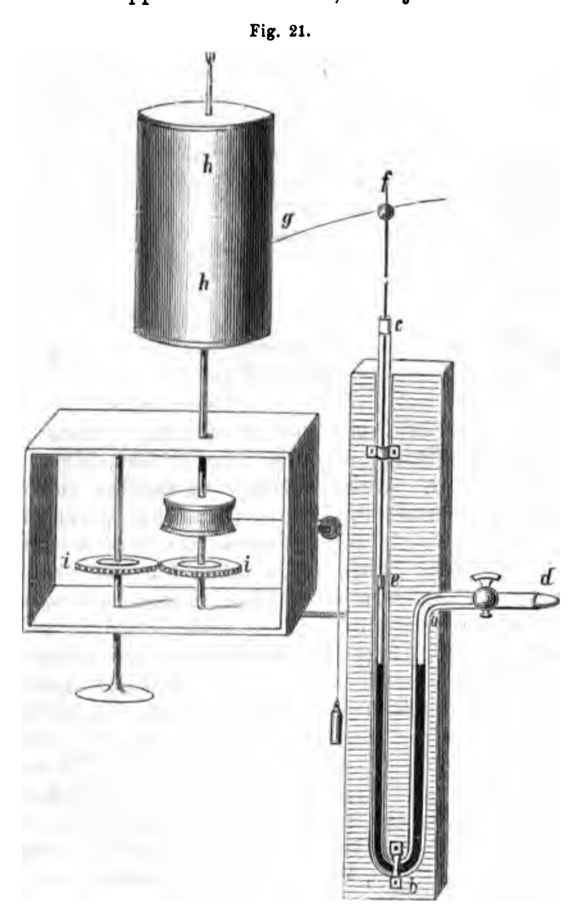
Um uns eine Vorstellung von der Mechanik des Kreislaufes machen zu können, müssen wir uns zunächst mit den Druckverhältnissen in demselben bekannt machen, denn das Grundgesetz der ganzen Hydrodynamik, der ganzen Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten ist ja, dass die Flüssigkeit immer von der Gegend des höheren Druckes gegen die Gegend des niederen Druckes hin fliesst. Der erste, der Untersuchungen über den Blutdruck in den Arterien angestellt hat, war ein englischer Geistlicher, Stephan Hales. Er hatte die Kraft untersucht, mit der im Frühlinge der Saft steigt, er hatte auf abgeschnittene Aeste von Weinstöcken Glasröhren gesetzt und nun beobachtet, bis zu welcher Höhe der Saft in diesen aufstieg. Er durchschnitt nun auch eine Arterie eines lebenden Thieres und setzte eine Glasröhre ein. Zu seinem Erstaunen spritzte das Blut noch oben aus der Glasröhre heraus; er musste erst zwei Glasröhren auf einander setzen, um beobachten zu können, bis zu welcher Höhe das Blut gehoben wird. Später bediente man sich des sogenannten offenen Quecksilbermanometers, dass heisst einer *U*-förmig

umgebogenen Röhre, die zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist. Der eine Schenkel wird abgebogen, um mit der Arterie des lebenden Thieres in Verbindung gesetzt zu werden. Das Blut drückt auf das Quecksilber, treibt es dadurch auf der andern Seite in die Höhe, und aus der Höhe der Quecksilbersäule, welcher der Druck des Blutes das Gleichgewicht hält, berechnet man die Grösse des Blutdruckes. Um die Versuche längere Zeit fortsetzen zu können, um nicht gestört zu sein durch die Gerinnung des Blutes, füllt man vorher in den abgebogenen Schenkel eine Portion einer Lösung von kohlensaurem Natron, mit welcher das Blut sich mischt. Poiseuille hat auf diese Weise eine Reihe von lehrreichen Versuchen angestellt.

Ludwig's Kymographion.

Das offene Quecksilbermanometer benutzte Ludwig, um einen selbstregistrirenden, das heisst einen Apparat zu schaffen, der jedesmal selbst aufschrieb, bis zu welcher Höhe die Quecksilbersäule gehoben worden war. Es war dies sein Kymographion, das in Fig. 21 nach der von ihm selbst in seinem Lehrbuche gegebenen schematischen Zeichnung dargestellt ist. Es wurde auf das Quecksilber des Manometers *(dabec)* ein hölzerner Schwimmer *(ef)* gesetzt. Dieser wurde oben mit einem Schreibpinsel *(g)* versehen. Die Spitze desselben legt sich an die Oberfläche einer Trommel *(hh)* aus Messingblech, welche mit einem Bogen glatten Papiers überspannt ist, und diese wird durch ein Uhrwerk *(ii)* mit constanter Geschwindigkeit umgetrieben. Sie sehen leicht ein, dass man auf diese Weise Curven bekommen muss, deren Ordinaten gegeben sind durch die Erhebungen des Schwimmers, während andererseits die Abcissen die dazu gehörigen Zeiten darstellen, wenn sich der Cylinder wirklich mit

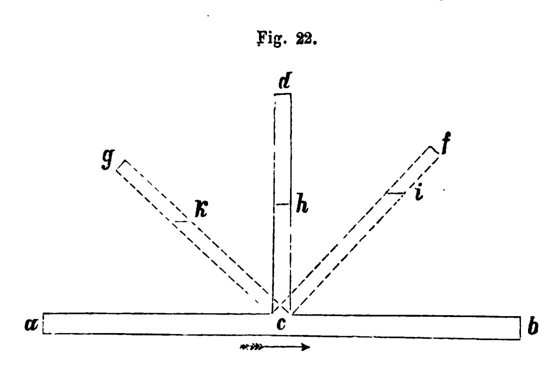
Fig. 21.



constanter Geschwindigkeit umdreht. Die Erhebungen des Schwimmers aber sind gleich den halben Differenzen der beiden Quecksilberniveaus. An die Stelle des Pinsels setzte Ludwig später ein mit Tinte gefülltes leichtes Glasröhrchen, und in noch späterer Zeit fing man an, das Papier über der Terpentinflamme zu berussen und mit einer Borste oder einem leichten Stift in der Russschicht zu schreiben.

Ludwig verbesserte auch die Art und Weise, wie das Manometer mit der Arterie verbunden war. Es handelte sich darum, das Manometer nicht mehr in einen durchschnittenen Ast, sondern vielmehr in die Seitenwand selbst einzusetzen; denn den Seitendruck, den Druck, den das Blut auf die Wandungen ausübt, wollte man messen. An einem durchschnittenen Aste, in den man das Manometer endständig einfügt, misst man den Seitendruck nicht in directer Weise. Man misst zunächst den Seitendruck im Stamme, da, wo der durchschnittene Ast von ihm abgeht, und auch nur dann genau, wenn der Ast unter rechtem Winkel abgeht. Denken Sie sich, in der Röhre $a\,b$ Fig. 22 flösse Wasser mit bedeutender Geschwindigkeit in der Richtung von a nach b, und die Röhre $c\,d$ wäre rechtwinklig eingesetzt; so wird die Höhe h, zu welcher die Flüssigkeit in derselben steigt, genau den Seitendruck ins angeben, denn die Flüssigkeitsmoleküle, welche sich hier befinden, würden in die Röhre hineingetrieben werden, wenn der Seitendruck grösser wäre, die Flüssigkeit müsste steigen, so lange, bis der Druck, den die gehobene Flüssigkeitssäule hier ausübt, dem Seitendruck das Gleichgewicht hält. Wenn dagegen umgekehrt der Druck der Säule grösser wäre, müsste Flüssigkeit in die Röhre zurückgehen und der Druck der Säule müsste so lange sinken, bis ihm wiederum der Seitendruck das Gleichgewicht hält. Nun denken Sie sich aber, die Röhre stünde nicht senkrecht, sondern sei geneigt in die Lage von $c\,f$; dann kommt nicht allein der Seitendruck in Betracht, sondern es ist noch eine Grösse zu berücksichtigen, welche der Hydrauliker mit dem Namen der Geschwindigkeitshöhe bezeichnet. In den Flüssigkeitstheilchen, die in der Richtung der Röhre fortgetrieben werden, ist ja lebendige Kraft thätig, die gleich ist ihrer Masse multiplicirt mit dem halben Quadrate ihrer Geschwindigkeit. Diese verbleibt ihnen, bis sie auf dem Wege der Reibung oder durch geleistete äussere Arbeit verbraucht worden ist, einfach nach dem Gesetze, das man mit dem Namen des Trägheitsgesetzes zu bezeichnen pflegt. Diese Propulsionskraft in der Richtung $a\,b$ muss ich mir nun zerlegen in zwei Componenten, von denen die eine auf der neuen Stromrichtung $c\,f$ senkrecht steht, und die andere der neuen Stromrichtung parallel liegt. Die auf $c\,f$ senkrechte Componente wird unwirksam, die andere aber wirkt noch mit dazu, die Flüssigkeit in die

Fig. 22.



Röhre cf hineinzutreiben. Es wird also hier ein höherer Stand i erreicht, als er durch den blossen Seitendruck erreicht worden wäre. Umgekehrt, wenn die Röhre die Lage gc gehabt hätte, so würde sich die Geschwindigkeitshöhe subtrahiren, man würde einen niedrigeren Stand k erhalten.

Es ist also nothwendig, dass das Manometer so mit der Arterie verbunden sei, dass es senkrecht in die Wand derselben eingesetzt ist. Ludwig hat dies dadurch bewerkstelligt, dass er am Ende des Manometeransatzes zwei auf einander passende elliptische, und dabei nach der Krümmung der Arterienwand rinnenförmig gebogene Platten anbrachte, zwischen denen die Arterienwand eingeklemmt wurde, nachdem die eine Platte durch einen kurzen Schlitz in das Innere des Gefässes hineingebracht worden war. Später sind auch T-förmige Canülen benützt worden, deren Enden man auf verschiedene Weise mit denen der durchschnittenen Arterien verband.

Das Kymographion ist eines der wichtigsten Werkzeuge des experimentirenden Physiologen geworden und hat seitdem mannigfache Veränderungen und Verbesserungen erfahren, die grösstentheils von Ludwig selbst herrühren. Eine Veränderung besteht darin, dass man die Bewegung des Uhrwerks auf die Trommel nicht direct, sondern mittelst einer Frictionsscheibe überträgt. Dies gibt die Möglichkeit, bei ein und demselben Gange des Uhrwerks verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten für die Trommel zu erzielen. Den Gang des Uhrwerks regulirt man jetzt mittelst eines von Foucault erfundenen Centrifugalregulators.

Eine weitere und wichtige Verbesserung besteht darin, dass man sich durch einen Markirungsapparat von jeder Ungleichheit in der Umdrehung des Uhrwerks unabhängig macht. Man hat in demselben zugleich ein Mittel, auch an Bruchstücken einer Umdrehung die Umdrehungsgeschwindigkeit zu messen. Mittelst eines Metronoms, oder eines durch ein Uhrwerk in Bewegung erhaltenen Pendels, wird ein electrischer Strom geöffnet und geschlossen. Beim jedesmaligen Schliessen wird ein Hufeisen von weichem Eisen magnetisch und zieht einen Anker an, der die Marken auf der Trommel aufschreibt. Indem man von diesen Marken Senkrechte gegen die Abscissenaxe der Versuchscurve zieht, kann man dann unmittelbar den Zeitwerth der Abscissen ablesen.

Das Kymographion existirt auch noch in anderer Form. Seit man durch den Markirungsapparat von der gleichmässigen Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel unabhängig geworden ist, hat man angefangen, auf Papier ohne Ende zu schreiben, das passiv von einer Rolle abgewickelt wird. Das Uhrwerk treibt hier zwei andere Rollen, durch welche das Abwickeln besorgt wird.

Ein solches Instrument hat den Vortheil, dass man mit ihm sehr lange Curven zeichnen und also ein und denselben Versuch lange Zeit ohne Unterbrechung fortsetzen kann. So studirt man den Einfluss von Reizungen der Nerven auf den Blutdruck, die Wirkung von Giften u. s. w.

Mittelst des Kymographions hat Ludwig nun zunächst folgende Punkte festgestellt.

Erstens: Der mittlere Druck in den Arterien nimmt langsam von den grossen Arterien gegen die Capillaren hin, dann beim Uebergange aus den Capillargefässen in die Venen plötzlich ab. Er wird auch dann

[illegible] dem [illegible] eine [illegible] hohes [illegible] anderen [illegible] Röhre von [illegible] das [illegible] Gewicht [illegible] Basis [illegible] Stand [illegible] Stand [illegible] von [illegible] steht, [illegible] ist. [illegible] wird [illegible] gegen den [illegible] das [illegible] der [illegible] er- [illegible] Wasser [illegible] nicht [illegible] Röhre [illegible]

[illegible] grösser [illegible] der [illegible]

[illegible] an- [illegible]

[illegible] den [illegible] im [illegible] an [illegible] mehr als [illegible] Widerstände [illegible] sind. [illegible] Druck [illegible] grösserer [illegible] Reflexsystems [illegible] Druckes. [illegible] übergeht. Im [illegible] statt. [illegible] je mehr [illegible]

[illegible] zweierlei Arten von Druckschwankungen [illegible] Herzschlägen [illegible] sind, die anderen mit [illegible] Die Curven, welche das Kymographion [illegible] Wellen, deren Linie wiederum kleinere, kürzere [illegible] Die grossen Wellen entsprechen den Respirationsbewegungen, die kleinen dem Pulse.

Drittens: Die Schwankungen nehmen von der Aorta an gegen die kleineren Arterien fortwährend ab und beim Uebergange in das Venensystem sind sie verschwunden. Natürlich kann man sie mit dem Kymographion nicht bis in die kleinsten Arterien verfolgen, sondern immer nur bis in die Arterien von mittlerem Kaliber. Unter dem Mikroskope aber kann man sie auch bis in die mikroskopischen Arterien hinein verfolgen, und wir werden später sehen, dass man sich selbst mit blossem Auge am lebenden Menschen überzeugen kann, dass diese Schwankungen noch bis in die Capillaren hineingehen, dass mit jedem Pulsschlag noch die Capillaren stärker gespeist werden.

Dass die kleinen Schwankungen immer mehr abnehmen, je mehr man sich von der Wurzel der Aorta gegen die kleinen Arterien hin bewegt, hängt, wie wir schon früher gesehen haben, mit der Elasticität der Arterien zusammen. Bei den Säugethieren und beim Menschen, die keinen Bulbus arteriosus haben, kann von der Wurzel der Aorta nur eine verhältnissmässig kleine Menge von bewegender Kraft während der Systole aufgespeichert werden, um während der Diastole wieder dienstbar zu sein. Hier werden also die Schwankungen am grössten sein, der Druck wird während der Systole am höchsten getrieben und sinkt während der Diastole verhältnissmässig tief. Je mehr man im Arteriensystem fortschreitet, je grösser also das Stück vom Arterienrohre ist, welches man hinter sich hat, um so grösser ist die Summe der lebendigen Kräfte, welche während der Systole aufgespeichert wurden, und um so grösser ist die Summe der elastischen Kräfte, welche während der Diastole wieder frei werden, um so mehr muss die Differenz der während der Systole und der Diastole erfolgenden Impulse abnehmen. Weniger einfach ist die Sache in Rücksicht auf die Schwankungen, welche mit den Respirationsbewegungen isochron sind. Wir werden später wieder auf sie zurückkommen.

Bestimmungen des mittleren Druckes.

Es fragt sich nun weiter, wie man den mittleren Druck im Arteriensysteme bestimmt, da das Kymographion ja nur die höchsten und die tiefsten Punkte und das Auf- und Absteigen des Druckes angibt.

Um den mittleren Druck zu bestimmen, muss man von einem bestimmten Punkte der Wellenlinie ausgehen, hier eine Ordinate errichten, dann muss man, nachdem man nach 1, 2, 3, 4 . . . ganzen Wellen bei einem correspondirenden Punkte (wenn man von einem Maximum ausgegangen ist, bei einem Maximum, wenn man von einem Minimum ausgegangen ist, bei einem Minimum) angekommen, die zweite Ordinate errichten; hierauf das Areal einer Figur bestimmen, welche diese beiden Ordinaten und das dazwischenliegende Curvenstück über der Abscissenaxe begrenzen. Wenn man dieses Areal ermittelt hat, hat man es in ein Rechteck zu verwandeln, dessen Grundlinie das zwischen den beiden Ordinaten abgegrenzte Stück der Abscissenaxe ist. Die Höhe dieses Rechtecks ist dann der halbe mittlere Quecksilberdruck, der halbe, nicht der ganze, weil die Druckhöhen proportional sind der Differenz des Quecksilberniveaus in den beiden Manometerschenkeln, die Ordinaten aber stets gleich der Erhebung in dem einen Schenkel, also gleich der halben Differenz.

Wenn man sich auf der Kymographiontrommel eines in viele kleine gleich grosse Quadrate getheilten Papieres bedient, so kann man die Grösse des Areals annähernd auszählen nach der Anzahl der Quadrate, die auf dasselbe entfallen. Ein anderes Verfahren ist von Volkmann angewendet worden. Schon die praktischen Geometer des vorigen Jahrhunderts, wahrscheinlich schon die früherer Zeiten, ermittelten Areale, die sich nicht ohne weiteres berechnen liessen, dadurch, dass sie sie in Stanniol ausschnitten und das Stück auf der Wage abwogen. Andererseits wogen sie so und so viel Quadratzoll desselben Stanniols ab und wussten nun, wie viel das Areal, das sie in Stanniol ausgeschnitten hatten, in Quadratzollen betrug. Dasselbe Verfahren hat Alexander von Humboldt angewendet, um die Menge von Wasser und Land zu bestimmen, die es auf der Erdoberfläche gibt. Er nahm Globenkarten, Karten, mit denen die grossen Erdgloben beklebt werden, schnitt an denselben alles überflüssige Papier ab, und trennte dann, immer an der Küste entlang schneidend, Wasser und Land mit der Scheere, wog das jedem von beiden zukommende Papier ab und ermittelte so ihr Verhältniss. Ganz ähnlich machte es nun auch Volkmann bei seinen Versuchen über den Blutdruck. Er bediente sich immer desselben Papiers und wog die Stücke, deren Area ermittelt werden sollte.

Jetzt bedient man sich dazu allgemein des Planimeters. Das erste und noch immer das beste wurde von Weltli erfunden. Es ist dies ein höchst sinnreiches Instrument, welches auf mechanischem Wege integrirt. Ich kann hier nicht näher auf die Construction und die Theorie desselben eingehen. Es ist in Dinglers polytechnischem Journal und in den Sitzungsberichten unserer Akademie vom Jahre 1850 beschrieben und abgebildet. Ich will hier nur bemerken, dass man mit einem Stift sich langsam an den Grenzen der zu ermittelnden Area entlang bewegt und dann schliesslich an dem Instrumente einfach die Grösse der Area abliest, wenn man wieder an dem Punkte angekommen ist, von dem man ursprünglich ausging.

Auf diese Art sind nun die Mittelzahlen für den Seitendruck in den Arterien ermittelt worden. Dieselben sind, je nach den verschiedenen Umständen und je nach der Verschiedenheit des Individuums, grossen Schwankungen unterworfen. Die Zahlen, die ich ihnen hier aus Ludwigs Physiologie mittheile, dienen deshalb auch nur dazu, etwaige Drucke, wie sie im normalen Zustande in Arterien von mittlerem Durchmesser vorkommen können, anzugeben:

beim Pferde	321—110	Millimeter Quecksilber,
beim Schafe	206—98	„ „
beim Hunde	172—88	„ „
bei der Katze	150—71	„ „
beim Kaninchen	90—50	„ „

Wenn Sie diese Zahlen ansehen, so werden Sie bemerken, dass im Allgemeinen mit der Grösse des Thieres auch die Grösse des Druckes abnimmt, aber keineswegs im Verhältniss zur Grösse des Thieres, sondern viel langsamer. Sie müssen eben bedenken, dass hier nicht der Druck gemessen wird, der auf die Wand einer ganzen Carotis vom Pferde, vom Schafe u. s. w. ausgeübt wird, sondern der Druck, welcher auf die Einheit des Areals ausgeübt wird, und dass eben der Querschnitt und

mithin auch die innere Oberfläche der Carotis beim Pferde viel grösser ist als beim Hunde, bei der Katze u. s. w., so dass der Unterschied des Gesammtdruckes viel bedeutender ausfällt, als ihn diese Zahlen auf den ersten Anblick zeigen.

Das Bourdon-Fick'sche Kymographion.

Das Instrument, das wir bisher besprochen haben, das Kymographion mit dem offenen Quecksilbermanometer, ist besonders geeignet, um die Mitteldrucke anzugeben und um die grossen und kleinen Schwankungen als solche erkennen zu lassen. Die grossen Schwankungen erkennt man auch im Wesentlichen richtig in ihrer Gestalt, die kleinen dagegen erleiden eine Formveränderung, weil die Quecksilbermasse in dem Manometer ein zu bedeutendes Trägheitsmoment hat. Durch die periodischen Stösse, welche das Quecksilber bekommt, geräth es in pendelartige Schwingungen und gleicht deshalb die kleinen Ungleichheiten und Eigenthümlichkeiten in der Gestalt der Pulswellen aus. Die einzelnen Wellen werden einander ähnlicher, indem die Feinheiten im Aufsteigen und Abfallen verloren gehen. Um dem zu begegnen, hat Fick für unsere Zwecke statt des offenen Quecksilbermanometers das Bourdon'sche Federmanometer angewendet. Denken Sie sich eine Röhre aus dünngeschlagenem Messing, deren Querschnitt ein Kreisabschnitt ist, und die dabei der Länge nach kreisförmig zusammengebogen und an einem Ende mit einem cylindrischen Ansatzstücke versehen ist. Wenn durch dieses eine Flüssigkeit hineingetrieben wird, so wächst der Krümmungshalbmesser der Röhre mit wachsendem Drucke und nimmt ab mit abnehmendem Drucke. Fick versieht das freie Ende mit einem sehr leichten Hebelapparat und lässt das Manometer mit dessen Hilfe auf der Kymographiontrommel schreiben.

Graduirt wird das Instrument vorher auf empirischem Wege, indem man die Drucke, denen man es aussetzt, mittelst des offenen Quecksilbermanometers bestimmt. Das Graduiren ist öfters zu wiederholen, da wegen der unvollkommenen Elasticität des Metalls das Instrument durch den Gebrauch gedehnt wird und die Werthe seiner Anzeigen ändert.

Fick findet mit seinem Instrumente, dass bei den Pulsschlägen der Druck in den Arterien in der Regel mit grosser Geschwindigkeit zu seiner ganzen Höhe ansteigt, dann im Bogen wieder abfällt, dann wiederum rasch zu seiner ganzen Höhe ansteigt, im Bogen wieder abfällt u. s. w. Man muss indessen gestehen, dass für unsere Zwecke auch dieses Manometer nicht ganz vorwurfsfrei ist, indem durch den Druck hier Spannkraft aufgespeichert wird, und diese Spannkraft, wenn der Druck nachlässt, wieder in lebendige Kraft umgewandelt wird, indem das Manometer in seine alte Gleichgewichtsfigur zurückzugehen sucht. Die elastischen Kräfte, vermöge welcher dies geschieht, summiren sich in ihrer Wirkung und fälschen dadurch einigermassen die Figur der Curve. Wir werden aber später sehen, dass uns auch anderweitige Beobachtungen, welche am Pulse des lebenden Menschen gemacht sind, darauf führen, dass in der That bei der Systole des Herzens der Druck im Allgemeinen rasch ansteigt, und dass er, wenn auch nicht gerade in der von Fick gezeichneten Curve, doch langsamer wieder abfällt.

Für Untersuchungen derselben Art hat Fick in neuerer Zeit noch ein anderes Instrument angegeben. Hier spannt und hebt der Luftdruck eine Kautschuklamelle, die mittelst eines auf ihr befestigten Elfenbeinknopfes auf eine Feder drückt, die ihrerseits wieder die Schreibvorrichtung bewegt.

Der Puls.

Wir sind hier darauf geführt, die kleinen Druckschwankungen im Arteriensystem, die synchronisch sind mit den Contractionen des Herzens, am lebenden Menschen zu untersuchen.

Wenn das Blut in die Arterien einströmt, so muss es sich in denselben Raum schaffen, es muss die Arterien erweitern. Dies thut es, indem es sie erstens der Dicke nach ausdehnt und zweitens der Länge nach. Nun sind die Arterien an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes ungleich befestigt, sie verlaufen dabei im Allgemeinen nicht ganz geradlinig, sondern in Schwingungen. An denjenigen Stellen also, wo sie weniger befestigt sind, biegen sie sich bei ihrer Verlängerung aus, sie machen eine Bewegung. Wenn wir deshalb auf eine oberflächlich liegende Arterie, z. B. auf die A. radialis den Finger legen, so fühlen wir vermöge dieser Bewegung die Arterie gegen den Finger anschlagen, und diesen Schlag nennen wir den Pulsschlag. Aus dem Pulse erfahren wir zunächst die Häufigkeit der Contractionen des Herzens. Wir unterscheiden deshalb einen pulsus frequens und einen pulsus rarus, je nach der Anzahl von Schlägen, welche wir in der Minute zählen. Wir finden auf diese Weise, dass die Häufigkeit der Herzcontractionen mit den Lebensjahren abnimmt. Die mittlere Zahl der Pulsschläge ist:

im	1. Lebensjahre	120
im	2. „	100
im	3. „	95
im	3.—6. „	90—85
im	6.—10. „	85—80
im	10.—20. „	80—70
im	20.—50. „	75—60
im	Greisenalter	60—45.

Man hat gefunden, dass kleine, kurze Leute im Allgemeinen eine etwas grössere Pulsfrequenz haben als langgewachsene, und hat dies mit der Länge der Blutbahnen in Verbindung gebracht.

Die Pulsfrequenz ist aber nicht zu allen Zeiten und unter allen Umständen dieselbe. Abgesehen von den grossen Veränderungen, welche die Pulsfrequenz in Krankheiten erleidet, wird sie durch die körperliche Bewegung gesteigert. Anhaltende und anstrengende Muskelcontractionen vermehren die Pulsfrequenz bedeutend. Zweitens wird die Pulsfrequenz bei vielen Menschen schon durch die Nahrungseinnahme vermehrt, bei allen durch gewisse aufregende und reizende Substanzen, auf die wir hier nicht näher einzugehen haben. Es existirt ferner eine tägliche Periode, in der die Pulsfrequenz abnimmt und zunimmt. Die Curve der absteigenden und die der ansteigenden Pulsfrequenz ist im Allgemeinen der der absteigenden und der der ansteigenden Temperatur ähnlich, nur treten die Maxima und Minima der Pulsfrequenz immer früher ein als

die Maxima und Minima der Temperatur. Die Pulsfrequenz ist anscheinend auch abhängig von der Lage des Körpers, indem der Mensch beim Stehen mehr Pulsschläge hat als beim Sitzen und beim Sitzen mehr als beim Liegen. Man hat einen Menschen auf ein Brett gebunden und hat dieses Brett nach und nach aufgerichtet und gefunden, dass mit dem Aufrichten des Brettes, je mehr der Mann in die senkrechte Lage kam, um so mehr sich auch die Pulsfrequenz steigerte, und wiederum gradatim abnahm, wenn das Brett horizontal gelegt wurde. Man kann dies aber wohl nicht als einen reinen Einfluss der Lage des Körpers auffassen, man muss es auch mit der Muskelanstrengung in Zusammenhang bringen, die am geringsten ist beim Liegen, welche grösser ist beim Sitzen und welche am grössten ist beim Stehen. Der Puls mancher Menschen ist ausserordentlich empfindlich gegen Muskelanstrengung, namentlich der Puls von Reconvalescenten, insonderheit von Typhusreconvalescenten. Es ist bekannt, dass bei Typhusreconvalescenten, wenn sie sich im Bette aufrichten, manchmal in Folge davon eine so auffällige Steigerung der Pulsfrequenz eintritt, dass es für die oberflächliche Betrachtung aussieht, als ob sie wieder fieberten.

Ausser der Frequenz unterscheiden wir die Grösse des Pulses. Mit dem Namen der Grösse des Pulses bezeichnen wir die Grösse der Locomotion, welche die Arterie unter unserem Finger macht, beziehungsweise, wenn sie an der bezüglichen Stelle weniger beweglich ist, die Grösse, um welche ihre Wand vorrückt. Die Grösse der Locomotion muss abhängig sein von der Grösse der Ausdehnung, welche sie erleidet, und diese muss wiederum von der Blutmenge abhängig sein, welche durch eine Herzsystole in das Arteriensystem hineingeworfen wird. Wenn wir also von der Grösse des Pulses sprechen, so sprechen wir von der Menge des Blutes, welches durch eine Herzsystole in das Arteriensystem hineingeworfen wird. Es sind aber hier nur Daten vergleichbar, die zu verschiedenen, nicht zu weit, das heisst nicht etwa um Jahre, auseinander liegenden Zeiten an einem und demselben Individuum gewonnen wurden. Im Alter vergrössert sich nicht selten der Puls, ohne dass deshalb die Blutmenge, die bei jeder Herzsystole ausgeworfen wird, grösser geworden wäre. Es rührt dies daher, dass die grossen Arterien, die Aorta und ihre primitiven Aeste, ihre Nachgiebigkeit theilweise verloren haben.

Wir unterscheiden drittens die Schnelligkeit, celeritas, des Pulses. Pulsus celer und pulsus tardus sind nicht zu verwechseln mit pulsus frequens und pulsus rarus. Die Bezeichnungen frequens und rarus beziehen sich auf die Anzahl der Locomotionen in der Minute, die Bezeichnungen celer und tardus aber auf die Geschwindigkeit, mit der die Locomotion ausgeführt wird. Wenn ich die Arterie plötzlich und geschwind gegen meinen Finger anschlagen fühle, so nenne ich dies einen pulsus celer, wenn sie sich aber langsam bewegt, gewissermassen unter meinem Finger anschwillt, so nenne ich das einen pulsus tardus.

Es liegt auf der Hand, dass die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung der Arterie abhängig sein muss von der Geschwindigkeit, mit der das Blut in die Arterien hineingetrieben wird, und diese wieder von der Geschwindigkeit, mit der sich der Ventrikel zusammenzieht. In der Celerität des Pulses beurtheilen wir also zunächst die Geschwindigkeit der Herzcontraction.

Es wird aber die Bezeichnung celer und tardus nicht nur auf die fortschreitende, sondern auf die ganze, also auch auf die rückgängige Bewegung der Arterie bezogen, auf die Schnelligkeit oder Langsamkeit, mit der die Arterie ihre rückgängige Bewegung antritt. Doch diese hängt wiederum ab von der Geschwindigkeit, mit der sich der Ventrikel zusammenzieht. Zieht sich der Ventrikel rasch zusammen, so wird während seiner Contraction der Abfluss aus den Arterien in die Venen noch nicht merklich vermehrt, es wird rasch das Maximum der Ausdehnung der Arterien erreicht und fällt mit dem Aufhören der Contraction ebenso plötzlich wieder ab. Zieht sich aber der Ventrikel langsam zusammen, so tritt gegen das Ende der Contraction, wenn die Blutmenge, welche er in der Zeiteinheit auswirft, schon abnimmt, ein Stadium ein, in welchem ebensoviel Blut aus den Arterien abfliesst, wie er hineintreibt. Indem also die Arterien weder ausgedehnt werden noch zusammenfallen, wird das für den pulsus tardus charakteristische Ruhen der Arterie am tastenden Finger hervorgebracht.

Endlich unterscheiden wir noch die Härte des Pulses. Wenn wir die Härte des Pulses bemessen wollen, legen wir zwei Finger auf die A. radialis und drücken mit dem stromaufwärtsliegenden Finger so lange, bis der stromabwärtsliegende keine Pulsation mehr fühlt. Aus der Stärke des Druckes, den wir hiezu anwenden müssen, beurtheilen wir die Härte des Pulses. Die Stärke dieses Druckes aber ist abhängig von dem Seitendrucke des Blutes, und zwar von dem Maximum des Seitendruckes. Wir messen also in der Härte des Pulses die Maxima des Seitendruckes in der A. radialis. Wenn dieser Seitendruck auf sehr hohe Maxima steigt, dann sagen wir, der Puls sei hart, wenn nur kleine Maxima erreicht werden, dann sagen wir, der Puls sei weich. Die Höhe des Druckes, welche erreicht wird, hängt, wie wir früher gesehen haben, wiederum ab von der Grösse der Triebkraft, welche das Herz aufbringt, und von der Grösse des Widerstandes, welcher zu überwinden ist. An die Stelle des drückenden Fingers hat S. v. Basch eine druckmessende Vorrichtung gesetzt. Sie besteht in einem Wassergefäss, das durch eine kleine Oeffnung mit einer Quecksilberbirne communicirt, in welche ein Steigrohr so eingesetzt ist, dass beide miteinander ein Manometer bilden, welches den Druck angibt, unter den das Wasser gesetzt wird. Das Wasser ist nach unten durch einen weichen Verschluss von Kautschuk und Seidenstoff abgeschlossen. Drückt man es mit demselben auf die A. radialis, so muss im Augenblicke des Wegdrückens des Pulses der Druck, unter dem das Wasser steht, den Blutdruck in der Arterie eben überschreiten, und diesen Druck gibt die Differenz der beiden Quecksilberstände an. Dieses Instrument, das Sphygmomanometer, wird in der Praxis benützt, um den Blutdruck am Menschen zu bestimmen. Um es handlicher zu machen, bedient sich v. Basch statt des Quecksilbermanometers jetzt einer Kapsel, wie sie zur Anfertigung der Aneroide dient. Diese wird mit Wasser gefüllt und durch einen Schlauch mit dem Gefässe verbunden, das auf die Radialis gesetzt wird. Das Zifferblatt ist so getheilt, dass der Zeiger den Druck in Centimetern Quecksilber angibt.

In dem Bisherigen habe ich die einfachen, die Grundqualitäten des Pulses aufgezählt. Wir unterscheiden ausserdem noch eine Reihe zusammengesetzter Qualitäten. Wir unterscheiden z. B. einen pulsus fortis,

das ist nichts anderes als ein pulsus magnus et durus, einen pulsus debilis, der nichts anderes ist als ein pulsus parvus et mollis, einen pulsus undosus, das ist ein pulsus magnus et mollis, und einen pulsus contractus, das ist ein pulsus parvus et durus. Man hat weiter einen pulsus vermicularis unterschieden, einen Puls, der klein und dabei sehr frequent ist; dann unterschied man einen pulsus plenus und einen pulsus inanis, gleichsam als ob man mit dem aufgelegten Finger den Füllungsgrad der Arterie direct messen könnte. Ein pulsus plenus ist aber im Grunde nichts anderes als ein pulsus fortis, als ein pulsus magnus et durus; wenn man einen Unterschied zwischen beiden machen will, so kann man sagen, dass beim pulsus fortis mehr Werth auf die Härte, beim pulsus plenus dagegen mehr Werth auf die Grösse des Pulses gelegt wird. Ebenso ist der pulsus inanis wiederum nichts anderes als ein pulsus debilis, das heisst ein pulsus parvus et mollis: man kann nur wiederum sagen, dass beim pulsus debilis mehr Werth auf die Weichheit, beim pulsus inanis mehr Werth auf die Kleinheit des Pulses gelegt wird. Man hat ferner einen pulsus serratus unterschieden; das ist ein pulsus fortis et celer, dessen bildliche Bezeichnung von dem Bilde der Zacken einer Säge herrührt; es erfolgt der Pulsschlag kräftig und dabei plötzlich, mit geschwinder Locomotion gegen den Finger, als ob die Zähne einer Säge unter dem Finger weggezogen würden. Mit dem Namen des pulsus vibrans hat man einen pulsus fortissimus, einen sehr grossen und harten Puls bezeichnet, bei dem man mit jedem Schlage eine vibrirende Bewegung unter dem Finger zu fühlen scheint. Die elastischen Kräfte, welche in einer Arterie aufgespeichert werden, wenn sie durch die hineintretende Blutwelle ausgedehnt wird, sind abhängig von der Grösse der Ausweichung der Arterienwand aus ihrer Gleichgewichtslage und von dem Grade der Spannung, welcher in der Arterie erzeugt wird, also von der Grösse und von der Härte des Pulses. Für gewöhnlich geht nun eine Arterie in ihre Gleichgewichtslage zurück, ohne noch fühlbare Schwingungen um dieselbe zu machen; wenn Sie aber denken, dass die Spannung sich sehr hoch steigert, und die Locomotion sehr bedeutend ist, so ist die Summe der elastischen Kräfte auch eine grössere, und in Folge davon kann die Arterie kleine vibrirende Bewegungen um ihre Gleichgewichtslage machen, und diese sind es, welche zu der Benennung des pulsus vibrans Veranlassung gegeben haben. Man unterscheidet ferner einen pulsus dicrotus, der aus zwei Schlägen besteht, von denen der erste stärker ist als der zweite. Er kann darauf beruhen, dass die einzelnen Herzcontractionen discontinuirlich sind. Wir werden aber später sehen, dass wenigstens in einem Theile des Arteriensystems auch ein normaler, ein physiologischer Pulsus dicrotus existirt, indem wirklich das Blut in Folge jeder einzelnen, auch regelmässigen Contraction zwei Impulse hintereinander bekommt.

Von dem pulsus dicrotus hat man einen anderen Doppelschlag unterschieden, bei dem der zweite Schlag stärker ist, und diesen hat man mit dem Namen des pulsus capricans bezeichnet. Ausserdem hat man noch einen pulsus myurus, einen mäuseschwanzähnlichen Puls, unterschieden, der mit einem grossen Schlage anfangend in eine Reihe von immer kleiner werdenden Schlägen ausläuft, bis wieder eine kräftige Herzcontraction kommt, der wieder schwächere und schwächere folgen u. s. w. Einen Puls, in dessen Intervallen sich keine strenge Regelmässigkeit

kein Rhythmus auffinden lässt, bezeichnet man als pulsus irregulari
Gewöhnlich sind hier auch die einzelnen Schläge ungleich stark, inde
meistens auf eine längere Pause eine kräftigere Herzcontraction folg
Einen Puls, der an einer Arterie mehr oder weniger Schläge zeigt als a
einer anderen, bezeichnet man als pulsus differens. Die Angaben über de
pulsus differens sind im Allgemeinen alt. In neuerer Zeit, da man meh
Einsicht in das Wesen des Pulses bekommen hat, kommt auch diese
pulsus differens nicht mehr zur Beobachtung. Zu Täuschungen kann Ve
anlassung geben ein nicht nur in Rücksicht auf den Rhythmus, sonde
auch in Rücksicht auf die Grösse unregelmässiger Puls. Es kann g
schehen, dass man die schwächeren Schläge an einer Arterie noch fühl
an einer andern nicht. Einige Angaben über den pulsus differens b
ziehen sich darauf, dass an einer Arterie doppelt so viel Schläge
fühlen gewesen seien, als an einer anderen. Offenbar hat man es m
einem Zustande zu thun gehabt, in dem jeder zweite Herzschlag stärk
war, und deshalb an einzelnen Arterien noch alle Herzschläge zu fühle
waren, an anderen Arterien dagegen nur noch jeder zweite. Endlic
unterscheidet man die Asphyxie, die Pulslosigkeit, das heisst den Mange
eines fühlbaren Pulses. Ich muss Sie aber darauf aufmerksam machen
dass die Pulslosigkeit keineswegs ein Zeichen ist, dass das Herz sich
nicht mehr contrahire, sondern dass es nur ein Zeichen ist, dass ent-
weder ein locales Hinderniss vorhanden sei, welches Pulslosigkeit an
einer oder der andern Arterie hervorruft, oder dass das Herz sich,
wenn überhaupt, sehr schwach contrahire. Sehr schwache Herzcon-
tractionen bringen keinen fühlbaren Puls mehr hervor, auch solche nicht,
welche durch die Auscultation noch deutlich wahrgenommen werden
können. Die Pulslosigkeit im praktischen Sinne des Wortes ist deshalb
kein signum mortis, es muss immer erst das Herz auscultirt werden, es
muss immer untersucht werden, ob nicht mittelst des Gehörs noch Herz-
contractionen wahrzunehmen sind.

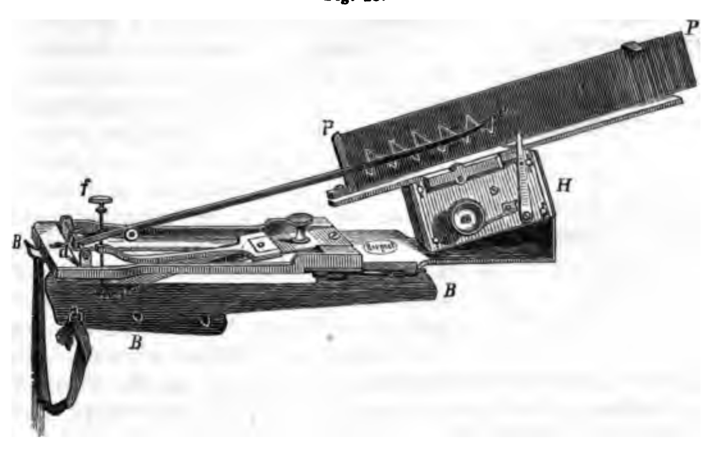
Die Sphygmographen.

Man hat eine Reihe von Vorrichtungen ersonnen, um mit exacteren
Hülfsmitteln, als es der fühlende Finger ist, den Puls zu untersuchen.
Hérisson band eine nach unten trichterförmig erweiterte Glasröhre mi
einer Kautschuklamelle zu und füllte Quecksilber hinein, setzte dann
das Ganze auf die A. radialis und sah nun, dass das Quecksilber i
hüpfende Bewegung gerieth. Diese Vorrichtung ist kaum zu etwas andere
gut, als einem grösseren Auditorium gleichzeitig die Frequenz des Pulse
zu zeigen.

Den ersten schreibenden Pulsmesser hat Vierodt aufgebaut. E
bestand in einem Hebelwerke, welches mit einer Schreibfeder versehe
war, die auf einer Ludwig'schen Kymographiontrommel schrieb. Spät
hat Marey einen Sphygmographen construirt, welcher mehr in Gebrau
gekommen ist, weil die schreibende Vorrichtung ein geringeres Trägheit
moment darbietet als das Vierodt'sche Hebelwerk, und zweitens, we
das Marey'sche Instrument leichter zu appliciren ist und leichter dam
gearbeitet wird. Es ist Fig. 23 nach der Zeichnung abgebildet, die Mare

Brown Séquards Journal de la physiologie gegeben hat. *d e* ist ein ıarmiger sehr leichter Hebel, der mittelst einer durch eine Schraube

Fig. 23.



ıtellbaren Pelotte aus Elfenbein mit der A. radialis in Verbindung racht wird. Die Art, wie dies geschehen kann, ist in Fig. 24 schematisch ;estellt. *a b* und *c b* sind in *b* federnd einander verbunden. In *a* ist die ıtte, *c* überträgt ihre Bewegung auf Hebel, die Schraube *f* dient dazu, ıd *d* zu nähern oder von einander ıntfernen, je nachdem dies nöthig um dem Hebel die zum Schreiben ige Stellung zu geben. *g* ist eine ır, die den Hebel wieder herabdrückt, wenn er durch *c* gehoben worist. *P P* Fig. 23 ist eine berusste Glasplatte, welche durch ein Uhr- ι *H* in Bewegung gesetzt wird. Auf ihr schreibt der sich bewegende el eine Curve, deren Ordinaten freilich nicht geradlinig, sondern ıbogenförmig sind. Um das Ganze nun am Arme zu befestigen, ist ıit einem aus Schienen bestehenden Gerüste *B B B* verbunden, das h Ringe und Bänder am Arme festgemacht wird. Der Vortheil dieses rumentes ist, dass man es ganz auf dem Arme, wie ein Stück einer ıung befestigt, und zweitens, dass der Hebel sehr leicht ist und desein geringes Trägheitsmoment hat. Es aber in seiner ursprünglichen Form noch n Uebelstand. Dem Hebel wird leicht schnellende Bewegung ertheilt, vere der er sich trotz der Feder *g* von *c* ıbt, dann zurückfällt und sich ein zweites hebt. Es wird hierdurch ein unechter ıus dicrotus verzeichnet. Um dem abzuhelfen, ist von Mach die ırdnung so getroffen, wie sie Fig. 25 zeigt, in der die Platte in *c* dem Hebel *e f* durch ein Gelenkstück *c d* untrennbar verbunden ist.

Fig. 24.

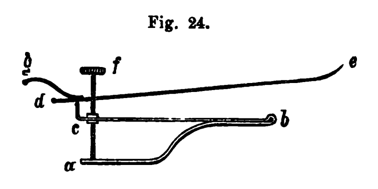
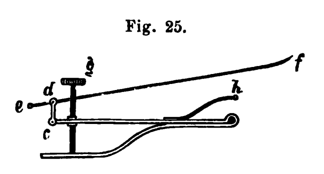
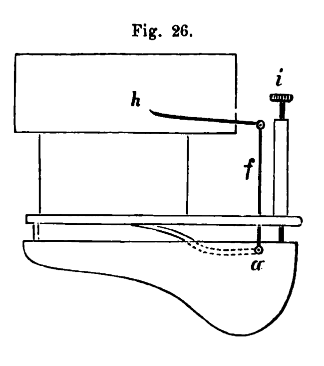


Fig. 25.



Eine andere Construction, gleichfalls von **Mach**, ist in Fig. 26 dargestellt. Hier ist der Hebel *h* durch eine in Charniergelenken bewegliche Stange *fa* untrennbar mit der Pelotte verbunden, und die Einstellung desselben zum Schreiben wird dadurch bewirkt, dass man seinen festen Punkt mittelst der Schraube *i* nach Bedürfniss höher oder tiefer stellt. Eine den gleichen Zweck erfüllende Einrichtung befindet sich an den Sphygmographen, die jetzt aus **Breguet's** Atelier hervorgehen. Hier befindet sich an der Axe des Schreibhebels eine kleine Scheibe, in deren Circumferenz die Gänge einer Schraubenmutter eingeschnitten sind, und in diese greifen die Gänge einer Schraube, die mit der Pelotte drehbar, aber sonst fest verbunden ist. Wenn man die Schraube dreht, stellt man zugleich den Schreibhebel höher oder niedriger.

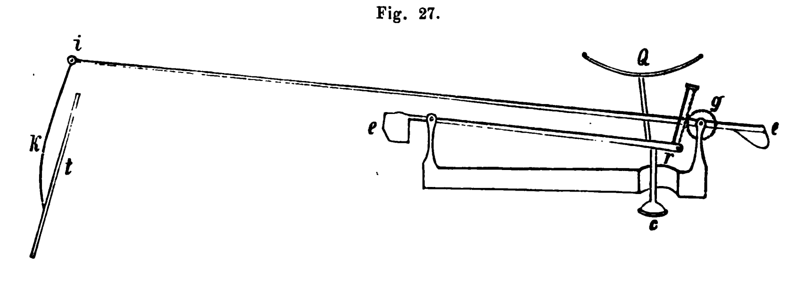
Fig. 26.



Ausser diesem Sphygmographen sind noch andere Vorrichtungen zur Untersuchung des Pulses angegeben worden. **Czermak** klebt ein Glimmerplättchen auf die Haut und beobachtet einen darin gespiegelten Lichtpunkt mittelst der Lupe, oder er steckt mittelst einer Nadel, die unter die Epidermis geführt wird, einen leichten Glasspiegel, ein versilbertes Deckgläschen, auf die A. radialis und lässt davon ein Strahlenbündel an die Wand oder an einen entfernten Schirm reflectiren. Das hat den grossen Vortheil, dass das Trägheitsmoment des Instrumentes äusserst gering ist, und zugleich die Bewegung im vergrösserten Massstabe wiedergegeben wird.

Er schlug auch vor, die Photographie zur Fixirung solcher auf einen Schirm projicirten Curven zu benützen. Ferner hat **Landois** ein Gassphygmoskop angegeben, welches darin besteht, dass eine flache Metallrinne luftdicht über der A. radialis auf den Arm aufgebunden wird. In diese wird das Gas unter constantem Druck eingeleitet und wieder hinausgeleitet durch ein in eine dünne Spitze auslaufendes Röhrchen. Die Ausströmungsöffnung ist sehr klein, und somit entsteht beim Anzünden eine sehr kleine Flamme, die steigt und zusammenfällt, je nachdem der Pulsschlag unter der Rinne das Ausströmen des Gases beschleunigt oder

Fig. 27.



verzögert. Er hat ausserdem ein schreibendes Instrument construirt, das er Angiograph nennt, und das in seiner Lehre vom Arterienpulse durch die beistehende Fig. 27 abgebildet ist.

Sie müssen sich die Bewegung der Glastafel *t*, auf der geschrieben wird, senkrecht auf der Ebene des Papiers denken; dann ist die übrige Construction leicht verständlich. *c* ist die auf der Radialis liegende Pelotte, die zunächst den Hebel *e r* bewegt, der durch auf die Schale *Q* gelegte kleine Gewichte nach Bedürfniss herabgedrückt wird, und durch die Zahnstange das Zahnrad *g* und durch diese den Schreibhebel *e i* in Bewegung setzt, der mittelst einer durch Charniergelenke befestigten, leicht gebogenen Nadel *k* auf der Platte *t* schreibt.

Capillarpuls.

Es fragt sich nun, wie weit reicht der Arterienpuls in das Gefässsystem hinein? Man hat häufig bei mikroskopischen Untersuchungen an lebenden Thieren Gelegenheit sich zu überzeugen, dass selbst in den kleinsten, mikroskopischen Arterien das Blut noch eine Beschleunigung während der Systole erleidet. H. Quincke hat ferner beobachtet, dass man die Folgen dieser Beschleunigung während der Systole noch an der Speisung der Capillargefässe wahrnehmen kann; so dass es also in der That noch einen Capillarpuls gibt, wenn derselbe auch nicht fühlbar ist. Die Röthe, welche durch die Nägel hindurchscheint, rührt zwar nicht ausschliesslich, aber doch zum grössten Theile von den darunter liegenden Capillargefässen her. Die kleinen Arterien und die kleinen Venen haben daran einen geringeren Antheil, namentlich ist der Antheil der kleinen Arterien sicher sehr gering. Man hat nun nicht selten Gelegenheit zu beobachten, dass bei gewissen Stellungen der Finger sich auf dem Nagel ein weisser Fleck ausbildet, ein Fleck, an dem die Unterlage, das Nagelbett, nicht so roth durchscheint, wie durch den übrigen Theil des Nagels. Wenn man ein solches Feld längere Zeit ansieht, so ist es gar nicht selten, dass man beobachtet, wie es sich synchronisch mit dem Pulse verkleinert. Das ist natürlich nichts anderes als ein Capillarpuls, indem die Capillaren unter dem Einflusse der Herzsystole stärker mit Blut gespeist werden, und dadurch dieser weissliche Fleck sich einengt.

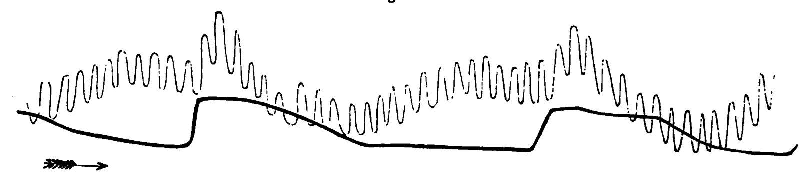
Die Respirationsschwankungen im arteriellen Blutdruck.

Wir haben schon früher gesehen, dass abgesehen vom Pulse noch andere Druckschwankungen im Arteriensysteme existiren, welche isochron sind mit den Respirationsbewegungen. Erst Ludwig allein und dann Ludwig und Einbrodt haben diese Schwankungen studirt, indem sie ein Manometer in die Carotis und ein zweites Manometer in die Thoraxwand einsetzten. Der Einsatz des zweiten Manometers war an und für sich unten offen, aber mit einem Kautschukbeutelchen zugebunden. Hiemit wurde es durch einen Zwischenrippenraum in den Thorax eingesenkt und zeigte die Druckschwankungen in demselben an, indem diese auf das Quecksilber im Kautschukbeutelchen wirkten, das direct in die Quecksilbermasse des Manometers überging.

Beide Manometer trugen Schwimmer, welche auf ein und derselben Kymographiontrommel schrieben. Man erhielt so Doppelcurven, von denen

beispielsweise eine in der Fig. 28 dargestellt ist. Die starke Linie gibt den Respirationsdruck, die feinere Linie den Blutdruck an. Beim Uebergange von der Inspiration zur Exspiration steigert sich der Druck im Thorax ganz plötzlich. Die entsprechenden Stellen sind in der Fig. 28

Fig. 28.



leicht zu erkennen. Bei der Inspiration muss der Druck im Lungenraume unter dem atmosphärischen sein, denn sonst könnte die Luft aus der Atmosphäre nicht in die Lunge einströmen. Bei der Exspiration muss er höher sein als der atmosphärische, damit die Luft ausströme. Auf der Grenze beider tritt also eine plötzliche Steigerung ein. Während die Luft ausfliesst, nimmt der Druck ganz allmälig ab. Dann folgt die Inspiration, während welcher der Druck weiter abnimmt, um dann mit zunehmendem Einströmen der Luft wieder fast stationär zu werden, bis er sich mit beginnender Exspiration von neuem plötzlich steigert. Wenn Sie hiebei die dazu gehörige Pulscurve betrachten, das heisst die Curve, die das Manometer zeichnete, welches in der Carotis steckte, und welche die feinere Linie unserer Fig. 28 wiedergibt, so sehen Sie, dass die Maxima während der Exspiration erreicht wurden; dann fällt aber schon während derselben die Curve ab und erreicht ihr Minimum, während der Thorax inspiratorisch erweitert wird. Dann fängt sie noch während der Inspiration wieder an zu steigen, erreicht aber ihr Maximum erst, nachdem die Exspiration begonnen hat.

Beim Beginne der Exspiration erhöht sich plötzlich der Druck in der Brusthöhle bedeutend. Diese Erhöhung des Druckes muss den propulsatorischen Kräften zu gute kommen, denn der Druck sucht ja das Blut aus den Gefässen innerhalb des Thorax in die Gefässe ausserhalb des Thorax zu treiben, er muss temporär die Menge des Blutes vergrössern, die in der Zeiteinheit durch die grossen Aeste der Aorta abgeführt wird, und daher das Ansteigen des Blutdruckes auf das Maximum. Dann tritt aber ein Abfallen ein während der Exspiration, weil das Herz, da das Blut aus den Körpervenen weniger frei nachfliesst, schlechter gespeist wird, und weil seine Schläge seltener werden, wie dies die Pulscurve Fig. 28 zeigt. Das Minimum wird während des Actes der inspiratorischen Erweiterung erreicht, weil während derselben der Druck auf die Gefässe innerhalb der Brusthöhle rasch abfällt, also nun die Einwirkung, welche früher den propulsatorischen Kräften zu gute gekommen ist, ihnen entgegenwirkt. Mit abfallendem Drucke aber wird das Herz wieder besser gespeist, und seine Contractionen werden wieder häufiger. Zugleich wird durch das Hinabtreten des Zwerchfelles der Druck in der Bauchhöhle grösser. Mithin wächst der Widerstand, den das Blut, welches in die Gefässe innerhalb derselben eintreten soll, erfährt. Diese Momente zusammen bedingen die gleich nach dem Minimum beginnende inspiratorische Steigerung des Blutdruckes in den Arterien.

Es hat sich indessen gezeigt, dass die Respirationsschwankungen eine viel complicirtere Erscheinung sind, als man früher glaubte, dass man in der Schlagfolge, in der Speisung des Herzens, in den Druckverhältnissen im Thorax und in der Bauchhöhle nicht alle Factoren in der Hand hat, welche für die Respirationsschwankungen in Betracht kommen. Im Jahre 1865 fand Traube, dass, wenn man ein Thier mit Curare vergiftet, ihm die Vagi und Sympathici durchschneidet, eine Weile künstliche Respiration einleitet und dann diese unterbricht, der Blutdruck sehr stark in die Höhe geht, dabei aber langsame Schwankungen, Wellen, macht. Er brachte dies schon in Zusammenhang mit der Erregung des Centralnervensystems, welche durch das bei der Erstickung an Kohlensäure reich werdende Blut entsteht, und Ludwig und Thiry fanden später, dass, wenn man bei der künstlichen Respiration ein Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlensäure statt der gewöhnlichen atmosphärischen Luft athmen lässt, dann der Blutdruck sich steigerte, und zwar fanden sie die Ursache der Steigerung in einer Zusammenziehung der kleinen Arterien. Es war also eine Erregung auf die Arterien selbst oder auf ein ihre Contractilität beherrschendes Nervencentrum ausgeübt worden. Dieser Erklärung schloss sich dann auch Traube an und erklärte die von ihm beobachtete Erscheinung dahin, dass durch das kohlensäurereiche Blut die Medulla oblongata in der Weise erregt wird, dass periodische Schwankungen in der Innervation der kleinen Arterien eintreten, so dass der Blutdruck im Ganzen steigt, aber nicht gleichmässig ansteigt, sondern mit Schwankungen, mit Wellen. In späterer Zeit hat dann Hering diesen Gegenstand wieder untersucht, und er ist ebenso wie Ludwig und Thiry zu dem Resultate gekommen, dass das Ansteigen des Druckes und die Druckschwankungen von rhythmischen Zusammenziehungen der kleinen Arterien herrühren. Er fand, dass die Erscheinung ganz unabhängig vom Herzen sei, er konnte die Schwankungen noch beobachten, wenn er einer Katze das Herz abgebunden hatte und wenn er ihr mittelst einer kleinen Pumpe Hundeblut in die Aorta einpumpte. Er fand aber weiter, dass diese Schwankungen isochron seien mit den Respirationsbewegungen, so dass wir also hier bei der Beurtheilung der Druckschwankungen, welche von den Respirationsbewegungen abhängen, dieselben nicht mehr ausschliesslich aus den mechanischen Verhältnissen innerhalb des Thorax und aus der Speisung des Herzens erklären dürfen, sondern dass wir auch die rhythmische Zusammenziehung der kleinen Arterien, welche mit jedem Athemzuge, nach den übereinstimmenden Resultaten von Traube, Ludwig, Thiry und Hering, eintritt, mit in Rechnung ziehen müssen.

Druckverhältnisse im Venensystem.

Auch der Blutdruck in den Venen lässt sich mittelst des Kymographions untersuchen und ist auch damit untersucht worden. Der Manometereinsatz für die Venen unterscheidet sich nur etwas von dem für die Arterien. Es muss immer ein Röhrchen als solches eingesetzt werden, weil die weiche Venenwand sonst zusammenfällt, während die Arterie ihr Lumen selbstständig offen hält. Es ist aber hier von keiner Bedeutung, bestimmte einzelne Zahlen, bestimmte Druckhöhen, welche in

den Venen gefunden worden sind, anzugeben, weil diese Druckhöhen so ausserordentlich verschieden sind, nicht nur nach dem Orte des Venensystems, den man untersucht, sondern auch nach den Umständen, unter welchen man diesen Ort untersucht. Es ist bekannt, dass, wenn man einem kräftigen Manne eine Aderlassbinde umlegt und ihm dann eine Vene anschlägt, das Blut hoch hinaufspritzt, als ob man eine Arterie angeschlagen hätte, nur dass es eben nicht im hüpfenden Strahle wie aus der Arterie springt, sondern im continuirlichen Strahle hoch aufsteigt. Wenn man die Venen nach Anlegung der Binde ansieht, so findet man, dass sie zu starken Strängen angeschwollen sind, man findet sie prall und hart. Alles dieses zeigt übereinstimmend, dass das Blut jetzt in den Venen unter einem sehr hohen Seitendrucke stehe, einem ähnlich hohen wie in den Arterien. Dies ist auch leicht begreiflich; denn der Druck in den Venen ist ja nur deshalb im Allgemeinen so viel niedriger als in den Arterien, weil nur noch ein sehr geringer Widerstand bis zum Herzen zu überwinden ist. Wenn Sie durch die Aderlassbinde die Vene comprimiren, so stellt ja das Rohr der Vene mit den Arterien, aus welchen es gespeist wird, ein System von communicirenden Röhren ohne Abfluss dar, es muss also aus den Arterien so lange Blut zufliessen, bis der Druck in den Venen ebenso hoch gesteigert ist, wie in den Arterien: erst dann kann die Bewegung aufhören. Mit dieser Drucksteigerung durch noch zu überwindende Widerstände hängt es auch zusammen, dass die Venen der verschiedenen Körpertheile sehr verschieden gefüllt sind, je nach der Stellung dieser Körpertheile. Wenn Sie eine Hand herabhängen lassen und sehen Sie dann an, so finden Sie die Venen angelaufen, einfach deshalb, weil hier dadurch, dass das Blut noch bis zur Schulterhöhe hinaufgehoben werden sollte, ein Widerstand gesetzt ist. Wenn Sie dagegen die Hand hinaufheben und sehen jetzt die Venen an, so finden Sie, dass sie relativ leer sind, weil nun das Blut durch seine eigene Schwere gegen die Schulter hinabrinnt und deshalb durch die Triebkraft, durch die vis a tergo, kein besonderer Widerstand zu überwinden ist. Damit hängt es zusammen, dass das Gesicht eines Menschen sich röthet, dass es endlich blauroth wird, wenn man ihn mit dem Kopfe nach abwärts befestigt. Damit hängt es zusammen, dass diejenigen Handwerker, welche, wie die Tischler und Bäcker, viel stehend arbeiten müssen, Ausdehnungen an den Venen der Beine bekommen, weil auf deren Wänden beim Stehen ein grösserer Druck lastet als beim Sitzen und beim Liegen, wenn auch die Klappen noch den Rückfluss des Blutes hindern. Es wird ja eine bedeutendere Triebkraft verlangt, um das Venenblut bis zum Herzen in die Höhe zu treiben. Andererseits kann aber auch der Druck in den Venen so gering werden, dass wir ihn als negativ bezeichnen müssen, das heisst als negativ in dem Sinne, dass der Druck, den die atmosphärische Luft von aussen ausübt, grösser ist. Das kommt bei grossen Venen, die in der Nähe des Herzens liegen, vor oder, richtiger gesagt, an Stellen des Venensystems, an welchen das Blut nicht weit mehr vom Herzen entfernt ist, denn je näher es dem Herzen ist, um so geringer ist der Widerstand, der noch zu überwinden ist. Es hat dieser Gegenstand eine praktische Wichtigkeit, weil, wenn eine solche Vene verletzt wird, die Gefahr vorhanden ist dass Luft von aussen her in das Innere der Vene eindringe, und hierdurch

den Tod herbeiführe. Wenn man einem Pferde Luft in die Vena jugularis einbläst, so stürzt es bald darauf um und verendet nach kurzen Krämpfen. Hunde vertragen im Verhältniss zu ihrer Grösse mehr, gehen aber doch auch, wenn eine gewisse Quantität überschritten wird, rettungslos zu Grunde. Ebenso ist es auch beim Menschen. Der Tod erfolgt hier dadurch, dass die Luft in das Herz und vom Herzen in die Aeste der A. pulmonalis gelangt. Sie bildet dann in den kleinsten Arterien und den Lungencapillaren einen Widerstand, durch welchen eine solche Störung des Lungenkreislaufs eintritt, dass der Tod die unmittelbare Folge davon ist. Jeder praktische Anatom sucht, wenn er eine Partie des Gefässsystems einspritzen will, so viel als möglich alle Luft vor der Spritze zu entfernen, weil die feinen Luftbläschen, wenn sie in die Capillaren hineingetrieben werden, ein unübersteigliches Hinderniss für das Fortschreiten der Injection sind. Gerade so geht es auch hier in den Lungen, wo eben der Lungenkreislauf, wie gesagt, in der Weise gestört wird, dass in kurzer Frist der Tod eintritt.

Es tritt also an uns die Frage heran, in welchen Venen kann der Druck negativ werden, und in welchen Venen wird er am leichtesten negativ, ist am meisten Lufteintritt zu befürchten? Zunächst ist es das Gebiet der Vena cava superior und der Jugularvenen. Die meisten Beobachtungen über Eintritt der Luft sind bei den Aderlässen gemacht worden, die man früher an den Jugularvenen machte. Hier wirken zwei Momente zusammen: die Bewegung des Blutes nach abwärts und die Aspiration gegen den Thorax hin, welche die Folge seiner inspiratorischen Erweiterung ist. Wenn man kurz hintereinander und in gleichen Zeitabständen Kugeln von einer Höhe herunterfallen lässt, so bleiben sie nicht in gleichen räumlichen Abständen. Je länger eine Kugel schon gefallen ist, um so weiter hat sie sich von den ihr zunächst folgenden entfernt. Das ist, wie Sie leicht einsehen, die einfache Folge der Gesetze des freien Falles, die einfache Wirkung der beschleunigenden Kraft der Erdschwere. Dieselben Gesetze auf Flüssigkeiten angewendet ergeben, dass sich ein Wasserstrahl, der von der Höhe herunterfällt, in seiner unteren Partie in Tropfen auflöst. Die unteren bereits stärker beschleunigten Wassermassen reissen sich von den oberen erst schwächer beschleunigten los. Geht das Fallen in einer geschlossenen Röhre vor sich, so muss durch die Tendenz zum Abreissen negativer Druck erzeugt werden, und wenn sich in der Röhre eine Seitenöffnung befindet, so wird Luft eintreten und mit der fallenden Flüssigkeit fortgerissen werden; so geschieht es in dem alten Wassertrommelgebläse, dessen Princip von Bunsen auf seinen jetzt in allen Laboratorien eingeführten Filtrirapparat angewendet worden ist. Beim Wassertrommelgebläse fällt das Wasser in einer hohen Röhre, in deren Wand Seitenöffnungen schräg von aussen und oben nach unten und innen verlaufend angebracht sind. Durch diese wird die Luft hereingerissen, die, von dem Wasser in grossen Blasen fortgeführt, den Windkessel speist und endlich zur Düse hinausgetrieben wird.

Also das Fallen der Flüssigkeitsmasse, ihre Bewegung von oben nach unten ist an und für sich schon ein begünstigendes Moment für die Erzeugung von negativem Druck. Dazu kommt bei der Jugularis noch die Beschleunigung, die das Blut durch die jedesmalige Inspiration erfährt. Bei der Inspiration sinkt ja der Druck in der Brusthöhle unter den

atmosphärischen, es muss also das Blut nachgesaugt werden, wie aus derselben Ursache die Luft durch die offene Stimmritze aspirirt wird. Man hat deshalb mit Recht die Regel gegeben, dass der comprimirende Daumen beim Aderlasse an der Jugularis niemals weggenommen werden darf, ehe nicht der Verband angelegt worden ist, damit keine Gelegenheit für den Lufteintritt in die Jugularis geboten werde.

Wo kann ausserdem noch Luft eintreten? Offenbar auch noch in die Axillarvene, denn sie liegt noch nahe genug beim Herzen, dass bei der Inspiration der Druck hier negativ werden könne. In der That ist auch schon Lufteintritt in dieselbe beobachtet worden. Es soll aber auch Lufteintritt an den Venen der unteren Extremitäten beobachtet worden sein. Die Beschreibungen sind nicht von der Art, dass man sich sicher davon überzeugt halten kann. Es heisst, die Luft sei eingetreten mit einem pfeifenden oder sausenden Geräusche. Das entspricht nicht den gewöhnlichen Wahrnehmungen, denn wenn man Thiere durch Lufteintritt tödtet, so hört man immer ein schlürfendes Geräusch, begreiflich, weil die Luft sich gleich mit dem Blute mischt. A priori ist es einigermassen unwahrscheinlich, dass in Venen der unteren Extremität Luft eindringe, da der Druck in der Bauchhöhle, wenn man sich nicht gerade auf Knie und Ellenbogen hinhockt, meist dauernd höher ist als der atmosphärische, und die Luft in den Venen der Beine doch erst die Venen der Bauchhöhle zu passiren hätte, ehe sie zum Herzen gelangen würde.

Dagegen ist mir eine ganz unzweifelhafte Beobachtung bekannt, nach der Luft aus den Venen des Uterus in das Herz eingedrungen, vom Herzen in die Lunge gelangt war und so den Tod veranlasst hatte. Es liess sich bei der Obduction der Weg der Luft genau verfolgen bis in das schaumige Blut im Herzen und in den Lungen. Hier ist wahrscheinlich die Luft im Uterus eingeschlossen gewesen. Daselbst waren wahrscheinlich die Gase durch Zersetzungsprocesse entstanden, und es hatte sich ein viel grösserer Druck als der atmosphärische ausgebildet, so dass es dadurch möglich war, dass die Luft die Venen der Bauchhöhle passiren und so endlich in das Herz und in die Lunge gelangen konnte.

Bei der Exspiration steigt der Druck innerhalb des Thorax über den atmosphärischen. Aus demselben Grunde, aus dem früher bei der Inspiration der Blutlauf in den grossen Venen beschleunigt wurde, muss jetzt der Blutlauf in eben diesen grossen Venen gehindert werden, es muss eine vorübergehende Stauung entstehen. Die Klappen in den Venen hindern zwar bis zu einem gewissen Grade das Zurückschieben des Blutes, aber der Abfluss des Blutes bleibt gehindert, und da vom Arteriensystem durch die Capillaren fortwährend Blut nachfliesst, so muss im Venensystem eine relative Ueberfüllung entstehen, welche sich bis in die Capillaren hinein fortpflanzt. Also auch die Capillaren haben Druckschwankungen, nicht nur solche, welche synchronisch sind mit den Contractionen des Herzens, und die wir bereits bei Gelegenheit des Capillarpulses kennen gelernt haben, sondern auch solche, welche von den Respirationsbewegungen abhängen. Aber diese letzteren Druckschwankungen in den Capillaren sind nicht identisch mit den Schwankungen im Arteriensysteme, welche die Respirationsbewegungen begleiten, denn die Zusammenziehung der kleinen Arterien, die den Druck im Arteriensystem steigert, bewirkt ja, dass das Capillarsystem in dieser Zeit schlechte

gespeist wird als vorher, während andererseits eine Rückwirkung von den Venen aus stattfindet, die wir eben kennen gelernt haben. Mit den Druckschwankungen, welche im Capillarsystem stattfinden, und mit der damit verbundenen periodisch wachsenden und periodisch abnehmenden Blutfülle hängen die Hirnbewegungen zusammen, welche man bei penetrirenden Schädelwunden direct wahrnimmt, welche man aber auch an jedem Kinde sehen kann, bei dem die Fontanellen noch nicht verknöchert sind, indem man die Haut in der Fontanelle periodisch auf- und niedergehen sieht. Man muss erwarten, dass, wenn die Fontanellen einmal verknöchert sind, und also das Gehirn in eine feste, unnachgiebige Kapsel eingeschlossen ist, dann diese Bewegungen nicht mehr in derselben Weise von statten gehen können, und das hat auch Donders durch die directe Erfahrung bestätigt gefunden, indem er einem Kaninchen ein Stück der Schädeldecke wegnahm und statt dieses ein Glastäfelchen einsetzte.

Wenn schon bei jeder ruhigen Exspiration der Druck in der Brusthöhle steigt, und dadurch der Rückfluss des Blutes gehindert sein muss, so ist das begreiflicher Weise in noch viel höherem Grade der Fall, wenn irgend ein Hinderniss für die Exspiration eintritt. Ein solches Hinderniss kann künstlich gesetzt werden, z. B. durch ein Blasinstrument, eine Trompete, die vor den Mund genommen wird. Beim Hineinblasen wird, weil ein grosser Druck im Thorax erzielt werden muss, der Rückfluss des Blutes in den grossen Venen und speciell auch in den Venen des Kopfes gehindert, und daher das geröthete und gedunsene Gesicht, das beim angestrengten Blasen entsteht. Es tritt aber auch periodisch ein solches Hinderniss beim Husten ein, weil beim Husten die Stimmritze krampfhaft verschlossen ist, und dieser Verschluss durch eine heftige Exspirationsanstrengung jedesmal durchbrochen werden muss. Deshalb steigt den Leuten, wie sie sich ausdrücken, beim Husten das Blut zu Kopf, wenn sie sich im Dunkeln befinden, sehen sie Funken, sie werden roth im Gesichte, das Gesicht schwillt an, wird gedunsen, und bei der Tussis convulsiva treten nicht selten Zerreissungen kleiner Gefässe in der Conjunctiva und Nasenbluten ein. Nachdem die Krankheit einige Zeit bestanden hat, bildet sich aus gleicher Ursache Oedem unter den Augenlidern aus. Man kann daher in einer Keuchhustenepidemie die Kinder, welche von der Krankheit befallen sind, erkennen, ohne dass man sie husten hört, lediglich aus dem Oedem, das sie unter den Augenlidern haben, eventuell auch aus kleinen Blutergüssen unter der Conjunctiva.

Welchen Einfluss haben die Herzcontractionen auf den Blutdruck im Venensystem? Wir haben gesehen, dass die Wirkung der Systole, welche durch das Arteriensystem fortgepflanzt wird, ihr Ende in den Capillaren erreicht, dass von da an das Blut in den Venen continuirlich fliesst. Andererseits haben aber die Herzbewegungen einen Einfluss auf den Blutlauf in den grossen Venen, welche in das Herz einmünden, auf den Blutlauf in der oberen und unteren Hohlvene und offenbar auch, worüber nur die Erfahrungen fehlen, in den Lungenvenen. Dass das Herz einen Einfluss auf den Blutlauf in den Hohlvenen hat, davon kann man sich überzeugen, wenn man einem Hunde durch die Vena jugularis einen Katheter hinabsenkt, welchen man mit einem Kautschukrohre

verbunden hat, an dem sich wieder eine Glasröhre befindet, die in ein Glas mit gefärbter Flüssigkeit hineintaucht. Da findet man, dass die Flüssigkeit mit hüpfenden Bewegungen in die Glasröhre hineinsteigt, man findet, dass diese Bewegungen dieselbe Periode haben wie der Puls, und dass die Erhebungen zeitlich zusammenfallen mit der Systole des Ventrikels. Das ist die sogenannte Herzaspiration. Ihr Grund ist folgender: Denken Sie sich das Herz in eine knöcherne Kapsel eingeschlossen, die von den hereintretenden Venen und den heraustretenden Arterien durchbohrt wird. Dann müsste, wenn das Herz sich zusammenzieht, da kein leerer Raum zwischen ihm und der Kapsel entstehen kann, in derselben Zeit, während welcher der Ventrikel sich entleert, dieselbe Blutmenge durch die Venen in den Vorhof nachfliessen. Es würde unter diesen Umständen, wie Sie leicht einsehen, die Ventricularcontraction in nichts Anderem bestehen als darin, dass die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel nach abwärts geht, in ganz ähnlicher Weise, wie wir es beim Frosche an dem im Herzbeutel eingeschlossenen Herzen gesehen haben. Es würde also durch die Ventricularsystole gerade so viel Blut aus den Venen nachgesaugt werden, als durch die Arterien zu derselben Zeit ausgetrieben wird.

Nun ist das Herz nicht in eine knöcherne Kapsel eingeschlossen, aber es ist von einer häutigen Kapsel umgeben, welche noch anderweitige Befestigungen hat, kurz, die Umgebung des Herzens gibt bei der Contraction der Ventrikel nicht ohne jeglichen Widerstand nach, und, indem dieser Widerstand überwunden werden soll, muss der Druck in dem Vorhofe plötzlich sinken, es muss also auch Blut aus den Venen nachströmen, aus den Venen aspirirt werden.

Wenn nun aber die Menge dieses aspirirten Blutes, eben weil die Umgebung des Herzens nachgiebig ist, nicht so gross ist wie die Menge, welche in derselben Zeit ausgetrieben wird, so sehen Sie leicht ein, dass das Herz nicht zu allen Zeiten gleich gross ist, dass das Herz am grössten ist, am meisten Blut enthält, unmittelbar vor der Systole der Ventrikel, und dass es am kleinsten ist, am wenigsten Blut enthält, unmittelbar nach der Systole der Ventrikel. Diese beiden Zustände belegt Ceradini mit den Namen der Auxocardie und der Meiocardie, und er hat durch einen sinnreichen Versuch gezeigt, dass sich beide direct am lebenden Menschen wahrnehmen lassen. Es gehört dazu nur Jemand, der seine Athembewegungen sistiren kann, ohne die Stimmritze zu schliessen. Einem solchen drückt man ein Nasenloch leicht zusammen, nachdem man ihm in das andere mittelst eines Stöpsels ein kleines U-förmig gebogenes Rohr eingesetzt hat, in dem sich ein flüssiger Index, ein Tropfen gefärbter Flüssigkeit befindet. Dann wird bei jeder Systole des Herzens dieser Tropfen angezogen, und während der Diastole des Herzens geht er wieder zurück, einfach deshalb, weil die Zusammenziehung, die Verkleinerung des Herzens während der Systole bei sistirten Athembewegungen den Druck in der Brusthöhle hinreichend verändert, um dies am Index wahrnehmbar zu machen, oder richtiger gesagt, weil diese Druckdifferenzen erzeugt werden durch das mit den Herzphasen wechselnde Verhältniss zwischen der Blutmenge, die durch die Arterien die Brusthöhle verlässt, und der Blutmenge, welche durch die Venen in die Brusthöhle zurückkehrt.

Venenpuls.

Die Vena jugularis interna pulsirt, weil sich der Zufluss in dieselbe periodisch steigert durch die Drucksteigerung, welche die arterielle Pulswelle in der Schädelhöhle hervorbringt. Aehnliches findet gewiss auch bei anderen Venen statt, welche Blut aus dem Schädelwirbelraum abführen.

Andere Venen können pulsiren, wenn sie anomaler Weise mit einer Arterie in Verbindung gesetzt sind, wenn z. B. beim Aderlass am Arme die Arterie mit verletzt worden ist, und die beiden Wunden so zusammenheilen, so dass eine Communication zwischen Arterie und Vene entsteht. Das Blut der Arterie wird in die Vene herübergetrieben, die Aeste der Vene werden durch den höheren Druck ungewöhnlich ausgedehnt, aber sie sind nicht nur ausgedehnt, sondern sie pulsiren auch, weil jetzt das Blut vôn der Arterie aus stossweise hineingeworfen wird.

Es kann aber auch das Venensystem in grösserer Ausdehnung pulsiren. Das geschieht bei Insufficienz der Valvula tricuspidalis. Dabei wird das Blut, welches in die A. pulmonalis getrieben werden soll, zum grossen Theile in den Vorhof zurückgetrieben, es wirkt von hier aus auf das Blut in den Venen, und so entsteht ein Rückstoss im Hohlvenensystem, der anfangs nur bis zu den ersten Klappen reicht, der aber später, indem er die Venen erweitert — es tritt ja eine Stauung in den Venen ein — die Klappen insufficient macht, und so sich auf den grössten Theil des Hohlvenensystems fortpflanzt. Es sind gar nicht selten Fälle beobachtet worden, bei denen das Pulsiren sich bis auf die Venen des Handrückens verfolgen liess, während die Jugularvenen dem Auge als ein Paar grosse pulsirende Geschwülste an den Seiten des Halses erscheinen.

Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf.

In ähnlicher Weise, wie man die Druckverhältnisse im Körperkreislauf untersucht hat, hat man auch die Druckverhältnisse im Lungenkreislauf untersucht. Aber die Untersuchung ist hier ausserordentlich viel schwieriger, und man kommt nicht zu so sicheren Resultaten. Auf die Blutbewegung in den Lungen hat die Respirationsbewegung und der Druck innerhalb des Thorax einen sehr wesentlichen Einfluss, und es ist eben sehr schwer, den Druck in der A. pulmonalis zu untersuchen, ohne dass man den Luftdruck im Thorax wesentlich verändert. Sie sehen leicht ein, dass, wenn man die Brusthöhle eröffnet und nun in die blossgelegte A. pulmonalis ein Manometer einsetzt, dass dann die Bedingungen nicht entfernt mehr denjenigen gleichen, welche während des Lebens vorhanden sind, und andererseits hat es grosse Schwierigkeit, durch die Thoraxwand hindurch ein Manometerrohr in die A. pulmonalis einzusetzen. Schliesslich ist auch damit noch nicht alles erreicht, indem wiederum das Instrument ein Hinderniss für die Respirationsbewegungen ist und so die Bedingungen, unter denen der Druck untersucht wird, von der Norm entfernt. Als Mittel hat man bei Kaninchen 22 Mm. Quecksilber, bei Katzen 17 Mm. und bei Hunden 29 Mm. gefunden. Bei gleichzeitiger Untersuchung des Druckes in der Carotis fand sich

derselbe bei Kaninchen viermal, bei Katzen fünfmal, bei Hunden dreimal grösser. Eines haben also alle Versuche bestätigt, dass der Druck in der A. pulmonalis unter allen Umständen sehr viel geringer ist, als der Druck in der Aorta und in den Körperarterien. Das hängt einerseits zusammen mit dem geringeren Widerstande, welchen die kleine Blutbahn darbietet, und andererseits mit der entsprechend geringeren Propulsionskraft des rechten Herzens. Schon die relative Dünnheit des rechten Ventrikels, die relative Dünnheit der Wände der A. pulmonalis und der Semilunarklappen an der Wurzel der A. pulmonalis musste mit Sicherheit darauf führen, dass der Druck in der A. pulmonalis viel geringer ist als der Druck in der Aorta.

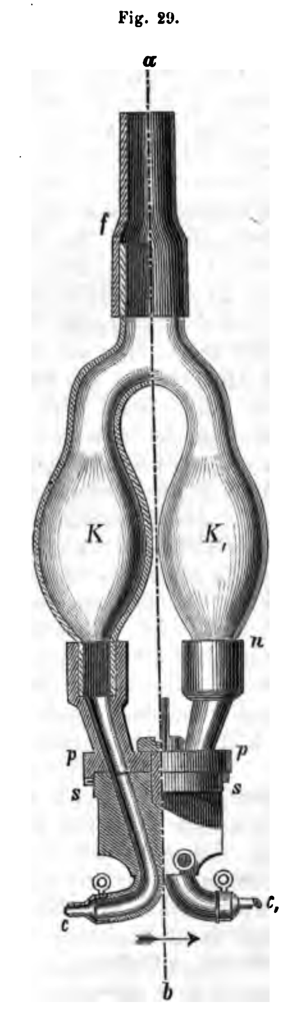
Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob das Blut leichter durch die zusammengefallene oder durch die ausgespannte Lunge hindurchfliesse. Man findet bei Vivisectionen, dass, wenn man die künstliche Respiration einstellt und die Lunge zusammenfällt, der linke Ventrikel an Blut verarmt, und der rechte sich nicht mehr gehörig vom Blute entleert. Versuche, welche H. Quincke über diesen Gegenstand angestellt hat, ergaben, dass es nicht sowohl darauf ankommt, ob die Lunge ausgedehnt oder zusammengefallen ist, als vielmehr darauf, welcher Druck auf den Gefässen lastet, dass einmal durch die ausgebreitete Lunge das Blut leichter hindurchgehen kann, wenn sie, wie dies bei der normalen Inspiration der Fall ist, dadurch ausgedehnt worden ist, dass der Druck in der Thoraxhöhle vermindert wurde, dass aber andererseits auch durch die entwickelte Lunge das Blut schwerer hindurchgehen kann als durch die zusammengefallene, wenn eben die Luft durch die Luftröhre eingepresst wird, statt in den Thorax eingesaugt zu werden. Nach de Jager nimmt bei der Inspiration die Capacität der Venen mehr zu, als die der Arterien, was auch ihrer geringeren Resistenz wegen natürlich erscheint. In erster Reihe wird also der Blutlauf durch die Capillaren beschleunigt. Erst secundäre Wirkung ist es, wenn auch mehr Blut in den linken Vorhof entleert wird; diese secundäre Wirkung muss aber dann auch bis in die Exspiration hineindauern, wo der Blutlauf in den Lungencapillaren sich schon wieder verlangsamt hat.

Geschwindigkeit des Blutstromes.

Unsere ganze Kenntniss von der Geschwindigkeit des Blutstromes beschränkt sich auf Daten aus dem grossen Kreislaufe, indem der kleine Kreislauf uns in dieser Beziehung mit Ausnahme der Lungencapillaren der Amphibien unzugänglich ist. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut sich in den Capillargefässen bewegt, ist an der Schwimmhaut des Frosches zuerst gemessen worden, und zwar mit ziemlich übereinstimmenden Resultaten von Ernst Heinrich Weber und von Valentin. Es hat sich hier herausgestellt, dass ein Blutkörperchen in den Capillaren der Froschschwimmhaut während einer Secunde wenig mehr als einen halben Millimeter Weglänge zurücklegt. Es ist dies auf den ersten Anblick überraschend für den, der eben unter dem Mikroskope die anscheinend so grosse Geschwindigkeit gesehen hat, mit der sich die Blutkörperchen fortbewegen. Man muss aber nicht vergessen, dass die Geschwindigkeit gleich ist dem Raume dividirt durch die Zeit, und dass

kroskop den Raum, wenigstens scheinbar, vergrössert, dass es aber it nicht vergrössert. Bei den Säugethieren ist die Geschwindigkeit grösser; Volkmann fand, dass im Mesenterium eines jungen Hundes utkörperchen in der Secunde einen Weg von acht Zehntheilen Iillimeters zurücklegten. Die Geschwindigkeit in den Arterien ist ·össer. Sie ist zuerst von Volkmann mittelst eines sogenannten dromometers untersucht worden, einer langen, in zwei Schenkel ig umgebogenen Glasröhre, deren Enden mit den durchschnittenen einer Arterie verbunden wurden, und an der Vorrichtungen anht waren, vermöge welcher es möglich wurde, die Zeit des Ein- und des Austrittes des hindurchströn Blutes genau zu beobachten. Ein anderes nent für unseren Zweck hat Vierordt en und Haemotachometer genannt. Es t in einem Kästchen, durch welches der :om geleitet wird und ein Pendel ablenkt. er Ablenkung des Pendels wird auf die vindigkeit des Blutstromes geschlossen, u diesem Zwecke wird das Instrument empirisch graduirt, indem man defibri- Blut mit wechselnder Geschwindigkeit chleitet, und die bei verschiedenen Abgen des Pendels in der Zeiteinheit durchıden Mengen misst. Endlich hat Ludwig uerer Zeit ein Instrument construirt, ıs den Namen der Ludwig'schen Stromırt, und das auf dem Principe der Aichung . K K Fig. 29 sind zwei Gefässe, die t sind, das heisst, deren Inhalt genau ıt ist, und welche oben mit einander niciren. K ist im Aufriss, $K_{,}$ in äusserer t dargestellt. Sie stecken unten offen in Scheibe $p\,p$, die auf einer anderen Scheibe ftdicht aufgeschliffen und drehbar ist. diese letztere communiciren die Arterien- :e c und $c_{,}$ mit den Gefässen K und $K_{,}$. em man die metallenen Röhrenstücke und asgefäss $K_{,}$ mit Blut gefüllt hat, füllt von f aus mit Oel. Ist nun die Richtung ıtstromes von c nach $c_{,}$, so füllt sich K ut, das das Oel vor sich hertreibt und hinüberdrängt, während das darin ent- ə Blut bei $c_{,}$ ausfliesst. Sobald das Oel ınkommt, dreht man die Kugeln um 180⁰ ə Axe $a\,b$, so dass K an die Stelle von nmt. Nun wird das Oel wieder aus $K_{,}$ ngt und nach K geschoben und so fort. er Zahl der Wendungen, die man vormen hat, berechnet man die Blutmenge, welche während einer ınen Zeit durch das Instrument gegangen ist. Schon Volkmann

Fig. 29.

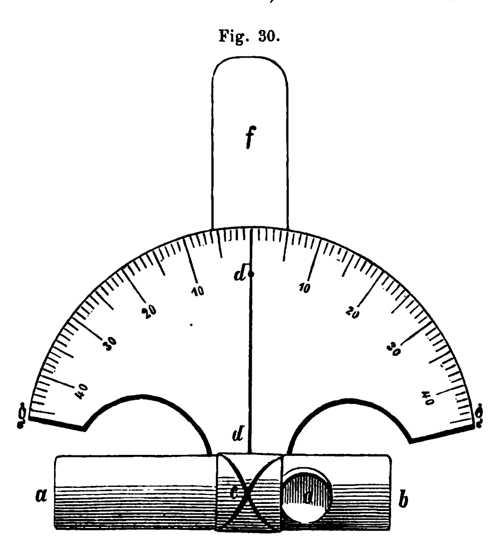


fand bei seinen Untersuchungen mit dem Haemodromometer für die mittlere Stromgeschwindigkeit in der Carotis des Hundes sehr weit von einander abweichende Werthe; Werthe von 205—357 Mm. in der Secunde. Bei den Versuchen, die später Dogiel mit der Stromuhr von Ludwig anstellte, hat es sich auch wieder gezeigt, dass in der That die Stromgeschwindigkeit in den Arterien in sehr hohem Grade variirt, und von sehr verschiedenen Umständen abhängig ist; so dass es nicht möglich ist, für ein bestimmtes Thier und eine bestimmte Arterie eine mittlere Stromgeschwindigkeit auch nur mit annähernder Genauigkeit anzugeben. Aber Eines geht doch aus allen Versuchen hervor, dass die Stromgeschwindigkeit in den grossen Arterien ausserordentlich viel grösser, 200—300mal grösser als die Stromgeschwindigkeit in den Capillaren ist. Was heisst das? Das heisst nichts anderes, als dass der Querschnitt der Capillaren, die Breite des Strombettes in den Capillaren 200 bis 300mal grösser ist, als der Querschnitt des Strombettes in den grossen Arterien. Die einzelnen Blutbahnen verengern sich am meisten in den Capillaren, indem sie so eng werden, dass die Blutkörperchen nur in einfacher Reihe hintereinander fortrücken: aber die Summe, der Gesammtstromquerschnitt, ist in den Capillaren bei Weitem am grössten. Wenn man von der Aorta anfängt und die Summe der Querschnitte ihrer Aeste zusammenzählt, so findet man, dass diese schon grösser sind, als der Querschnitt der Aorta, und überall, wo man die Querschnitte von zwei Arterienästen, in die sich ein Stamm gabelig theilt, durchmisst, findet man, dass die Summe dieser beiden Querschnitte grösser ist, als der Querschnitt des Stammes, aus dessen Spaltung sie hervorgegangen sind. Es nimmt also die Breite des Strombettes von der Wurzel der Aorta an im Arteriensysteme fortwährend zu, sie nimmt um so mehr zu, je mehr Theilungen erfolgen, und endlich erfolgt die rascheste Zunahme beim Uebergange in das Capillarsystem. Vom Capillarsystem aus nimmt der Querschnitt in den Venen erst schnell, dann langsam wieder ab, erreicht aber niemals wieder das Minimum, welches er am Anfange des Arteriensystems hatte: denn wenn Sie sich den Querschnitt der oberen und der unteren Hohlvene zusammengelegt denken, so erhalten Sie eine viel grössere Area, als sie der Querschnitt durch die aufsteigende Aorta bietet. Hieraus geht hervor, dass die Stromgeschwindigkeit in den Venen wieder zunimmt im Vergleiche mit der in den Capillaren, dass aber die mittlere Stromgeschwindigkeit in den Venen niemals so gross wird, wie sie in den grossen Arterien war.

Wenn Ludwig's Stromuhr wesentlich dazu diente, die mittlere Stromgeschwindigkeit zu ermitteln, so ist ein anderes Instrument von Chauveau erfunden worden, welches hierzu weniger geeignet ist, dafür aber die periodischen Veränderungen in der Stromgeschwindigkeit des Arteriensystems sichtbar macht. Dieses Instrument besteht in einer dünnen Röhre von Blech, Fig. 30 *a b*, die bestimmt ist, in den Verlauf einer durchschnittenen Arterie eingefügt zu werden. Sie hat eine kleine rechteckige Oeffnung, über welche eine dünne Lamelle von vulkanisirtem Kautschuk *c* gebunden ist. Durch diese und die rechteckige Oeffnung wird die platte Nadel *d d* eingeführt, die aus ihrer senkrechten Lage um so stärker abgelenkt wird, je grösser die Stromgeschwindigkeit im Rohre *a b* ist. *g g* ist ein Gradbogen, an dem diese Ablenkung abgelesen

wird, *f* eine Handhabe und *o* eine Tubulatur, die entweder verstopft oder nach Bedürfniss mit einem Manometer in Verbindung gesetzt werden kann. Vor dem Gebrauche wird das Instrument empirisch graduirt, indem man defibrinirtes Blut durch dasselbe hindurchtreibt, und die bei verschiedenen Nadelablenkungen in der Zeiteinheit durchgehenden Mengen misst. Hierauf wird es in die Arterie eingesetzt. Das von Chauveau construirte war seinen Dimensionen nach für die Carotis des Pferdes bestimmt, und seine Versuche sind auch an dieser gemacht worden. Es zeigte sich, dass die Nadel die grösste Ablenkung erreicht durch die Contraction des Ventrikels, dass dann aber, wenn die Contraction des Ventrikels nachlässt, die Geschwindigkeit plötzlich abfällt und die Nadel unmittelbar vor dem Verschluss der Semilunarklappen ganz oder nahezu auf Null zurückgeht. Das hängt damit zusammen, dass in diesem Augenblicke in der Aorta eine rückläufige Bewegung stattfindet. In dem Augenblicke, in welchem der Ventrikel erschlafft, sollen sich ja die Semilunarklappen schliessen. Die Semilunarklappen liegen aber zu dieser Zeit an der Wand der Aorta, und eine Portion Blut liegt zwischen ihnen und an der Seite der Klappen, welche dem Ventrikel zugewendet ist. Diese Portion Blut muss also nothwendig in den Ventrikel zurückfallen, denn die Klappen haben ja keine eigene Bewegung, sondern sie haben nur passive Bewegung, indem sie die Bewegung des Blutes mitmachen. Erst wenn diese Portion Blut in den Ventrikel zurückgefallen ist, werden die Klappen sich vollständig geschlossen haben. Nun kann aber diese Portion Blut nicht in den Ventrikel zurückkehren, ohne dass nicht die Blutsäule in der Aorta theilweise eine rückläufige Bewegung machte. Es existirt also im Aortensysteme ein Moment, in welchem das Blut leichter gegen das Herz hin, als gegen die Capillaren hin ausweicht, und das ist der Moment, in dem die Geschwindigkeit in der Carotis ganz oder nahezu Null wird, die Nadel auf ihren Nullpunkt zurückkehrt. Sind die Klappen einmal geschlossen, dann weicht das Blut nicht mehr gegen das Herz hin aus, die elastische Zusammenziehung der Arterien dauert aber fort, das Blut bekommt also im Arteriensystem jetzt einen zweiten Impuls, und dieser ist es, welcher den physiologischen, den normalen pulsus dicrotus hervorbringt. Dieser zweite Impuls treibt das Blut wieder fort, die Geschwindigkeit erreicht wieder ein Maximum, das aber unter dem ersten Maximum steht, und dann sinkt sie wieder bis zum Beginne der neuen Systole. Die Zahlen, welche Chauveau mit seinem Instrumente gefunden hat, sind folgende: Die Geschwindigkeit im ersten Maximum beträgt

Fig. 30.



in der Carotis des Pferdes im Mittel 52 Cm., die im zweiten Maximum beträgt im Mittel 22 Cm. und von da sinkt die Geschwindigkeit auf etwa 15 Cm. in der Secunde, um sich dann wieder mit der neuen Systole auf 52 Cm. zu steigern. Durch äussere Umstände wird die Geschwindigkeit leicht geändert, namentlich bringt das Fressen eine bedeutende Steigerung hervor.

Die Dauer des Kreislaufes.

Eine andere Frage ist die: In welcher Zeit vollendet sich der Kreislauf? Wie lange dauert es, dass das Blut, welches von einem Punkte ausgeht, wieder an denselben Punkt zurückgelangt ist? Darüber existiren Versuche von Hering in Stuttgart. Er stellte sie an Pferden in der Weise an, dass er in die eine Jugularvene einen kleinen Trichter einsetzte, und, indem er sie unter dem Trichter comprimirte, in den letzteren Blutlaugensalz eingoss und dann dasselbe auf ein gegebenes Zeichen in die Jugularvene eintreten liess. Die andere Jugularis wurde angeschlagen und in Zeiten von fünf zu fünf Secunden wurden Proben von dem ausfliessenden Blute genommen. Dasselbe wurde hinterher mit Eisenchlorid untersucht und auf diese Weise ermittelt, wann die erste Portion blutlaugensalzhältigen Blutes wiederum in der andern Jugularis angekommen war. Es zeigte sich, dass der Kreislauf sich in 25 bis 30 Secunden, manchmal auch noch früher vollendete.

Der Herzstoss.

Wir haben jetzt die Mechanik des Kreislaufes so weit kennen gelernt, dass wir uns mit einem in physiologischer Hinsicht zwar unscheinbaren, aber praktisch wichtigen Gegenstande beschäftigen können, nämlich mit dem Herzstosse und mit den Herztönen. Der Herzstoss wird verschieden definirt. Einige bezeichnen den Herzstoss als den Choc, welchen die Hand empfindet, wenn sie auf die Herzgegend aufgelegt wird, Andere bezeichnen den Herzstoss als die Hervortreibung eines Rippenzwischenraumes durch das Herz, oder, wie sie sich gewöhnlich ausdrücken, durch die Herzspitze. Es handelt sich darum, zu ermitteln, was hier vorgeht, und in welcher Weise das Herz die Brustwand in Bewegung setzt, beziehungsweise einen Zwischenrippenraum hervorwölbt. Man hat den Herzstoss zu beschreiben und zu erklären gesucht nach Beobachtungen, welche theils an Thieren gemacht worden sind, denen man die Brusthöhle öffnete, theils an Thieren oder Menschen, bei denen entweder das Herz unmittelbar zugänglich war, oder doch in den knöchernen Theilen der Thoraxwand ein solcher Defect vorhanden war, dass die untersuchende Hand nur durch häutige Bedeckungen vom Herzen getrennt war. Ehe man aber das hier Beobachtete verwerthet, muss man sich klar machen, dass in allen diesen Fällen ausnahmslos die Herzbewegung nicht so von Statten ging, wie sie im normalen Zustande vor sich geht. Wenn Sie das Herz eines Frosches anfangs so blosslegen, dass es noch im Herzbeutel eingeschlossen ist, und dann die vordere Wand des Herzbeutels wegnehmen, so werden Sie den grossen Unterschied nicht verkennen können,

der in der ganzen Gestalt der Herzbewegung sofort eintritt. Die normalen Widerstände, welche die freie Bewegung des Herzens einschränken, üben einen wesentlichen Einfluss auf die ganze Gestalt dieser Bewegungen aus. Wenn ein Theil dieser Widerstände weggenommen, oder wenn sie alle weggeräumt sind, sieht man die Herzbewegungen nicht so, wie sie in Wirklichkeit stattfinden, man sieht sie anders. Nichtsdestoweniger werden wir uns doch die Bewegung, welche das ungehemmte Herz macht, anschaulich machen müssen, um die Bewegung des gehemmten Herzens im lebenden, im normalen Zustande zu verstehen.

Wenn das Herz in der Diastole angefüllt ist, so bietet seine erschlaffte Wand trotz der Anfüllung einen geringen Widerstand, und auch die Vorhofsystole ändert daran nicht viel, weil die Muskulatur der Vorhöfe eine verhältnissmässig schwache ist, und sie auch bei ihrer Zusammenziehung keinen wesentlichen Widerstand findet. Anders verhält es sich aber von dem Augenblicke an, wo sich die Muskulatur der Ventrikel zusammenzieht. Von diesem Augenblicke an wird das Blut in dem Herzen unter einen Druck gesetzt, der sich so hoch und höher steigert, als das Maximum des Druckes in der Aorta ist, denn nur dadurch, dass der Druck im Herzen grösser ist, als in der Aorta, fliesst ja das Blut aus dem Herzen in die Aorta hinein. Das Herz hat dabei einen wesentlichen Widerstand zu überwinden, nämlich der linke Ventrikel den Widerstand des ganzen grossen Kreislaufes, der rechte den des ganzen kleinen Kreislaufes. Von dem Augenblicke an wird das Herz prall, und es wird mit nicht unbedeutender Gewalt in eine neue Lage einzutreten suchen. Diese ist aber nicht ausschliesslich abhängig von der neuen Gestalt des Herzens, sondern auch von der Lage und Gestalt der grossen Arterien, an denen das Herz aufgehängt ist, und diese wird wiederum dadurch verändert, dass das Herz Blut in dieselben hineintreibt. Indem das Herz sich zusammenzieht, verkleinert es sich auch. Es hat das Maximum an Grösse im Beginne der Systole, das Minimum am Ende der Systole. Es strebt dabei einer bestimmten neuen Gestalt zu, der Gestalt des contrahirten leeren Herzens. Wie unterscheidet sich diese von der Figur des vollen Herzens? Nach den Untersuchungen, welche Ludwig und Andere darüber angestellt haben, ändert sich der Ventrikel bei seiner Zusammenziehung so, dass er erstens kürzer wird, zweitens dass sein Querdurchmesser abnimmt, dass das Herz also schmäler wird; der dritte Durchmesser, der Durchmesser von vorn nach hinten, ändert sich am wenigsten. Die wesentliche Verkleinerung des Herzens findet also statt im Längendurchmesser von der Basis nach der Spitze und im Durchmesser von rechts nach links. Wenn man sich dabei noch oben eine Schnittebene durch die Atrioventriculargrenzen gelegt denkt, so bildet sowohl das sich contrahirende volle, als das contrahirte leere Herz mit seinen Ventrikeln einen Kegel, dessen Basis jene Schnittebene, dessen Spitze die Herzspitze ist, und dessen nach hinten und unten gewendete, auf dem Zwerchfell ruhende Seite abgeflacht ist.

Mit der Systole hebt sich die Herzspitze von links und hinten nach vorn und rechts. Das Herz macht dabei vermöge seiner Befestigung an der Aorta und der A. pulmonalis und der Art und Weise, wie diese umeinander gedreht sind, eine leichte Axendrehung, die schon Kürschner beobachtete und beschrieb.

Diese Bewegung muss in dem Augenblicke beginnen, in dem die Systole beginnt, und sich im Laufe derselben vollenden. Mit dem Ende derselben fällt das Herz erschlafft zurück und folgt theils dem Drucke der umgebenden Theile, theils dem des einerseits von den Vorhöfen aus, andererseits durch die Coronarien eintretenden Blutes.

In dieser systolischen Bewegung ist nun das Herz durch die Thoraxwand relativ gehindert, und indem die Thoraxwand diese Bewegung theilweise hindert, wird sie durch das sich contrahirende Herz erschüttert, sie fängt den Choc des Herzens auf. Man hat gesagt, das Herz bringt den Stoss hervor, indem es gegen die Thoraxwand anschlägt. Wenn das Herz gegen die Thoraxwand anschlagen sollte, so müsste es sich erst vorher von der Thoraxwand entfernen können; das kann es aber nur sehr bedingungsweise. Ein leerer oder ein mit Flüssigkeit gefüllter Raum zwischen dem Herzen und dem Thorax existirt nie. Sie wissen, dass die Menge der Herzbeutelflüssigkeit im normalen Zustande so gering ist, dass das Herz sich nicht frei in derselben bewegen kann, sondern dass alle Bewegungen des Herzens nur unmittelbar an der Wand des Herzbeutels stattfinden. Sie wissen ferner, dass der Herzbeutel durch Bindegewebe mit der vorderen Wand des Thorax verbunden ist, dass aber allerdings dieses Bindegewebe verschiebbar ist, und dass ein Theil der linken Lunge bald mehr zwischen das Herz und die Thoraxwand eindringt, bald sich mehr zurückzieht. Die Lage des Herzens im Thorax ist deshalb eine andere in der Inspiration, in welcher sich die Lunge mehr vorschiebt, und in der Exspiration, bei welcher sie mehr zurückgeht. Sie ist eine andere, wenn das Individuum auf dem Rücken liegt, indem dann die Schwere des Herzens dasselbe von der Thoraxwand abzieht, sie ist eine andere, wenn das Individuum nach vorneüber liegt, so dass also die Schwere des Herzens dasselbe gegen die Thoraxwand anlegt. Ein Zurückgehen und ein Anschlagen des Herzens gegen die Thoraxwand kann im eigentlichen Sinne des Wortes nie stattfinden, sondern nur ein Erschüttern der Thoraxwand, welcher das Herz anliegt.

Man hat ferner gesagt: das Herz bringt seinen Stoss hervor, indem es mit der Spitze nach abwärts stösst. Ob das Herz mit der Spitze nach abwärts stösst, das lässt sich nicht allgemein entscheiden, es lässt sich auch nicht speciell bei einem einzelnen Individuum sagen, solange dasselbe intact ist, solange man an demselben nicht experimentirt, wie man an Menschen nicht experimentiren darf. Die Sache ist folgende. Wenn das Herz sich zusammenzieht, werden die Ventrikel kürzer, zugleich treibt es aber Blut in die A. pulmonalis und in die Aorta hinein. Die Räume dieser beiden Gefässe werden nicht nur nach der Dicke, sondern auch nach der Länge ausgedehnt. Dadurch, dass das Herz sich verkürzt, würde die Herzspitze nach aufwärts rücken; dadurch, dass die grossen Gefässe sich verlängern, würde das Herz nach abwärts rücken. Es handelt sich also darum, wie sich bei den einzelnen Thieren und bei den einzelnen Menschen diese beiden Verschiebungen compensiren. — Wenn man bei einem Hunde einen Schlitz in die Bauchwand macht und den Finger unter das Diaphragma einführt, so hat man allerdings das Gefühl, als ob das Herz bei jeder Systole nach abwärts gegen den Finger anstiesse: Versuche aber, die ich an einem Kaninchen angestellt habe, haben zu einem andern Resultate geführt. Ich stecke durch die

wischenrippenräume feine Nadeln mit der Spitze bis in das Herzfleisch :nab. Dann neigen sich mit der Systole der Ventrikel diese Nadeln um mehr gegen das Kopfende des Thieres, je näher sie den Ostien stecken. ie Nadel in der Herzspitze neigt sich nicht. Sie macht nur bei jeder ystole eine leichte zitternde Bewegung. Das heisst nichts anderes als: lle Theile des Ventrikels bewegen sich während der Systole nach abärts, nur die Herzspitze nicht. Sie bewegen sich um so mehr nach wärts, je näher sie den Ostien liegen. Hier wird also die Verlängerung r grossen Gefässe durch die Verkürzung des Ventrikels genau comnsirt. Im Augenblicke, wo das Thier stirbt, legen sich alle Nadeln ch abwärts, sie neigen sich mit ihren Köpfen dem Fussende des Thieres 1, die in der Herzspitze am wenigsten, und die, welche den Ostien am ichsten steckt, am meisten. Das Herz ist jetzt erschlafft, die grossen rterien entleeren sich, und in Folge ihrer Entleerung und vermöge rer Elasticität contrahiren sie sich, und Aorta und Carotiden zerren en Ventrikel gegen das Kopfende des Thieres hin aus. Das ist auch er Zustand, in dem Sie in allen Leichen das menschliche Herz vornden. Sie finden in keiner Leiche das Herz in seiner natürlichen Lage, ndern Sie finden immer die arteriösen Ostien in unnatürlicher, in einer m Leben nicht entsprechenden Weise nach aufwärts gezerrt, wegen r Zusammenziehung der grossen Arterien nach dem Tode.

Ob also das Herz mit seiner Spitze nach abwärts stösst, kann man icht mit Bestimmtheit behaupten, und wenn man es von einem Menhen wüsste, würde man es darum noch nicht von allen wissen, weil er möglicherweise individuelle Verschiedenheiten vorkommen können. ach den anatomischen Verhältnissen ist es nicht wahrscheinlich, dass h beim Menschen die Herzspitze während des Verlaufes der Systole ch abwärts bewegt. Insofern ein Spitzenstoss stattfindet, findet er also raussichtlich im ersten Momente der Systole statt, in dem Momente,) sich die Ventrikel um ihren Inhalt spannen, aber noch keine in tracht kommende Blutmenge ausgetrieben ist.

Wodurch wird nun die Kraft für den Herzstoss aufgebracht? Die raft für den Herzstoss wird offenbar durch das Herz selbst aufgebracht. as Herz erschüttert die Brustwand dadurch, dass es bei seiner Contraction ine Lage zu verändern sucht und dabei ein harter Körper wird, und is geschieht wiederum dadurch, dass es beim Austreiben des Blutes in is Arteriensystem einen bedeutenden Widerstand findet. Die Prolsionskraft des Herzens einerseits und andererseits der Widerstand, n das Herz beim Austreiben des Blutes findet, sind die Factoren, veröge welcher der Druck im Herzen in die Höhe getrieben wird. Es nd ganz dieselben Factoren, durch welche der Druck in den Arterien die Höhe getrieben wird. In der That bilden ja während der Systole es Herzens, während die Semilunarklappen offen sind, Herz und Arterien nen und denselben Hohlraum und der Herzstoss ist nichts Anderes ls der Pulsschlag des Herzens.

Die Herztöne.

Es existiren bekanntlich zwei Herztöne, von denen der erste mit er Systole des Ventrikels zusammenfällt und der zweite der Systole

nachfolgt. Als die Ursache des ersten Herztones muss man zunächst die Spannung der Klappen und der Sehnenfäden in Anspruch nehmen. Wenn Sie ein Tuch plötzlich zupfend anspannen, so gibt es einen Ton; das geschieht dadurch, dass das Gewebe in Schwingungen um seine Gleichgewichtslage versetzt wird. Ganz dasselbe muss nun mit den Klappen und mit den Sehnenfäden geschehen, sobald sie durch die Systole des Herzens gespannt werden. Es macht keinen wesentlichen Unterschied, dass die Klappen nicht in der Luft, sondern in einer Flüssigkeit, im Blute, schwingen, indem die Schwingungen aus der Flüssigkeit an feste Theile, von den festen Theilen an das Stethoskop und sodann an das Ohr übertragen werden. Einen wie wesentlichen Antheil die Klappen an dem ersten Herztone haben, zeigt sich auch bei Insufficienz der einen oder andern Atrioventricularklappe, weil man bei solcher hört, dass in dieser Herzhälfte der normale Herzton nicht nur ein Geräusch neben sich hat, sondern in ein Geräusch ausgezogen, oder völlig in ein Geräusch umgewandelt ist, indem nun die Klappe weniger gespannt wird, und dafür Blut mit einem Geräusche aus dem Ventrikel in den Vorhof regurgitirt. Als zweites Moment für die Erzeugung des ersten Herztones hat Charles Williams das sogenannte Muskelgeräusch in Anspruch genommen. Wenn man seinen M. biceps contrahirt und auf denselben einen kleinen Trichter setzt, der mit einem Kautschukrohre verbunden ist, dessen anderes Ende man ins Ohr bringt, so hört man ein dumpfes, summendes Geräusch. Es entsteht durch das Vibriren des Muskels selbst und der Theile, mit welchen er verbunden ist. Man kann in diesem Geräusche eine bestimmte Tonhöhe unterscheiden, und diese hängt, wie Helmholtz gezeigt hat, ab von der Zahl der Einzelcontractionen, welche der Muskel in der Zeiteinheit macht, um sich eben im tetanischen, im contrahirten Zustande zu erhalten. Die dauernde Contraction der Skeletmuskeln ist nämlich kein wirklich continuirlicher Act, sie kommt dadurch zu Stande, dass der Muskel sich vielmal und so rasch hintereinander zusammenzuziehen sucht, dass er keine Zeit hat, dazwischen zu erschlaffen. Es wird also in einem solchen Muskel immer von neuem und von neuem Spannung erzeugt und dadurch geräth er in Vibration. Dieses Muskelgeräusch hat nun, wie gesagt, Charles Williams als einen wesentlichen Bestandtheil des ersten Herztones in Anspruch genommen. Es lässt sich dagegen a priori anführen, dass von allen Muskeln des menschlichen Körpers gewiss das Herz derjenige ist, welcher sich unter den ungünstigsten Bedingungen für die Hervorbringung eines solchen Muskelgeräusches befindet. Erstens hat das Herz keine Ursprungs- und keine Anheftungssehnen, wie die Skeletmuskeln, und zweitens ist das Herz nicht mit festen Theilen, mit Knochen verbunden, die es einander zu nähern sucht, sondern es zieht sich nur um Blut zusammen. Ja noch mehr: nach dem, was wir bis jetzt über die Herzcontraction wissen, können wir dieselbe auch als einen continuirlichen Act ansehen nicht, wie die dauernde Contraction der Skeletmuskeln, als einen Act der aus einer Reihe von einzelnen Impulsen zusammengesetzt ist. A priori ist es im hohen Grade unwahrscheinlich, dass das Muskelgeräusch eine wesentliche Rolle bei der Erzeugung des ersten Herztones spiele. Nichtsdestoweniger haben Ludwig und Dogiel gefunden, dass ein relativ leeres Herz, ein Herz, das nur noch wenig Blut enthält, viel zu

wenig Blut, als dass die Atrioventricularklappen noch durch dasselbe in der gehörigen Weise gespannt würden, noch einen mit der Systole zusammenfallenden Ton gibt. Es kann dabei nicht die Rede sein von einer Täuschung, die von einem Anschlagen oder Reiben des Stethoskops an der Ohrmuschel herrührt, denn es war als Schaltstück zwischen dem Ohr und der stethoskopischen Vorrichtung, welche sie anwendeten, immer ein Kautschukschlauch angebracht, und sie haben auch das Material der stethoskopischen Vorrichtung mehrmals geändert, um nicht durch einen Ton getäuscht zu werden, den das sich contrahirende Herz an der stethoskopischen Vorrichtung hervorbringt.

Als drittes Moment, welches zur Erzeugung des ersten Herztones mitwirken soll, ist auch das Anschlagen des Herzens an die Brustwand angeführt worden. Wir haben aber bereits gesehen, dass das Herz nicht wie ein Hammer an die Brustwand anschlägt, und dass also von einem Tone, der durch dieses Anschlagen erzeugt würde, nicht die Rede sein kann. Wohl aber haben wir gesehen, dass das Herz die Brustwand erschüttert, und da in ihm selbst akustische Impulse in dem Momente erzeugt werden, wo es sich fest an die Brustwand anlegt, so müssen auch diese akustischen Impulse als solche an die Brustwand direct übertragen werden; es kann also auch die Brustwand selbst, indem sie in Schwingungen versetzt wird, zur akustischen Verstärkung des ersten Herztones beitragen, wenigstens insofern, dass derselbe in grösserer räumlicher Ausdehnung hörbar ist, als ihn ein nacktes Herz hören lassen würde.

Ueber die Entstehung des zweiten Tones ist kein Zweifel. Der zweite Herzton entsteht in der Aorta durch das Zusammenschlagen ihrer Semilunarklappen und ebenso in der A. pulmonalis. Das wird auch durch die Art der Geräusche bestätigt, welche man hört, wenn die Klappen an der Wurzel der Aorta insufficient geworden sind, also das Blut während der Diastole in den Ventrikel zurückfällt.

Die Mechanik der Herzpumpe.

Kehren wir jetzt noch einmal zur Mechanik der Herzpumpe zurück, um diese noch etwas genauer ins Auge zu fassen. Wir haben, als wir das Herz im Allgemeinen und speciell das Herz der Fische betrachteten, gesehen, dass sich an der Grenze der Hohlvene und des Vorhofes eine Klappe befindet, welche bei der Contraction des Vorhofes die rückgängige Bewegung in die Vene hindert. Ich habe schon damals gesagt, dass diese Klappe bei den meisten Säugethieren nur rudimentär vorkommt, und beim Menschen kaum noch eine Spur derselben zu sehen ist, wenn man nicht das sogenannte Tuberculum Loweri noch als einen Rest davon ansehen will. Wie geht es zu, dass der Mensch, wenn ich mich so ausdrücken darf, diese Klappe nicht braucht, dass beim Menschen und auch bei denjenigen Säugethieren, welche diese Klappe nicht haben, doch keine Regurgitation gegen die Hohlvenen und Lungenvenen hin stattfindet?

Wir haben gesehen, dass sich zuerst die Hohlvenen und die Lungenvenen contrahiren, da, wo sie in das Herz einmünden, und dass diese Contraction unmittelbar in die Contraction der Vorhöfe übergeht. Zuerst also wird einmal die Einmündungsstelle der Venen in den Vorhof ver-

engt; sie wird nicht verschlossen, weil hier keine Klappen sind, aber sie wird verengert, und dadurch für das zurückfliessende Blut schon ein grösserer Widerstand gesetzt. Zu gleicher Zeit findet das Blut aber einen äusserst geringen Widerstand, wenn es aus dem Vorhofe in den Ventrikel übergeht, und es ist deshalb gar keine Ursache für dasselbe vorhanden, sich nach rückwärts gegen die Venen hin zu bewegen. Es findet keinen Widerstand beim Uebergange in die Ventrikel, weil zu dieser Zeit die Ventrikel erschlafft und die Klappen offen sind, so dass gar keine bestimmte Grenze zwischen der Höhle des Vorhofes und der Höhle des Ventrikels existirt. Es ist hier beim Menschen nicht wie bei den Amphibien eine Enge zwischen Vorhof und Ventrikel, sondern Vorhof und Ventrikel stehen durch eine sehr weite Communication mit einander in Verbindung, so dass sie einen gemeinsamen Sack bilden, der nicht einmal durch eine vorspringende Grenzleiste in zwei Theile getheilt ist.

Zweitens hat aber auch das Blut gar keine irgendwie in Betracht kommende Ortsbewegung zu machen, um aus dem Vorhofe in den Ventrikel zu gelangen, denn indem der Ventrikel erschlafft, rückt einfach die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel nach aufwärts. So gut wie man sagt: der Vorhof stösst das Blut in den Ventrikel hinein; so gut kann man auch sagen: der Vorhof zieht den Ventrikel über das Blut hinüber; ein Theil des Ventrikels erleidet eine grössere Ortsveränderung als ein Theil des Blutes, das in den Ventrikel übergeht.

Endlich hat das Blut nicht einmal nöthig, die Herzhöhle, in welche es aufgenommen werden soll, zu erweitern, sondern diese Herzhöhle erweitert sich von selbst. Wir haben schon gesehen, dass, wenn das Herz sich zusammenzieht, der Herzbeutel und die umgebenden Theile einen gewissen, wenn auch nur geringen Widerstand entgegensetzen, und dass damit die Herzaspiration zusammenhängt. Da nun das Herz wieder erschlafft, so werden die elastischen Kräfte, die bei der Systole erzeugt wurden, so weit sie nicht für die Herzaspiration verbraucht worden sind, in der entgegengesetzten Richtung wirken, und schon dadurch wird der Erweiterung des Ventrikels Vorschub geleistet. Es ist aber noch ein anderes Moment vorhanden, durch welches die Herzhöhle ausgedehnt wird. Man setze in die Aorta eines todten Herzens eine lange Röhre, die man senkrecht stellt, schneide den rechten Vorhof auf, so dass die Flüssigkeit, die man durch die Röhren in die Coronararterien eintreibt, aus der Coronarvene frei nach aussen ablaufen kann, nicht in den Vorhof und in den Ventrikel hineingelangt. Wenn man nun Wasser in die Röhre hineingiesst, so sieht man unter dem steigenden Drucke des Wassers, das durch die Coronargefässe geht, das Herz, wenn ich mich so ausdrücken soll, sich entfalten, so dass man die Finger in die leeren Ventrikel hineinstecken kann, deren Höhle eben durch den Druck der Flüssigkeit geöffnet ist. Es rührt dies daher, dass das entfaltete, das entwickelte Herz mehr Blut in seine Gefässe aufnehmen kann, als das zusammengezogene. Es sind also alle möglichen Bedingungen vorhanden, um das Blut, welches aus dem Vorhofe kommt, in die Herzhöhle aufzunehmen, ohne dass es bei der Systole der Vorhöfe gegen die Venen hin zurückgetrieben würde.

Da dieses Entfalten durch den Druck des Blutes in den Coronargefässen erfolgt, so muss ja auch, wenn sich das Herz wieder zusammenzieht,

dieser Druck überwunden werden, und es fragt sich nun, ob das Herz ihn vollständig zu überwinden hat, oder ob vielleicht ein Theil dieser Arbeit dem Herzen erspart wird. Das Urtheil darüber hängt ab von der Meinung, die man über den controversen Punkt hegt, ob die Coronararterien durch die heraufgeschlagenen Semilunarklappen während der Systole zugedeckt werden oder nicht, denn in ersterem Falle kann nach dem Zustandekommen dieses Verschlusses kein Blut mehr aus der Aorta in die Coronararterien einströmen. Ich will Ihnen nun die Gründe vortragen, die dafür und dagegen geltend gemacht worden sind, und im Vorhinein bemerken, dass ich zu denjenigen gehöre, welche der Ansicht sind, dass die Coronarostien durch die heraufgeschlagenen Semilunarklappen geschlossen werden.

Man hat zunächst gesagt: die Coronararterien können nicht gedeckt werden, weil sie in der Regel ausserhalb der Sinus Valsalvae entspringen. Das ist nicht richtig. Ausserhalb des Sinus Valsalvae entspringen von 100 Coronararterien etwa 4, alle übrigen Coronararterien entspringen entweder in der Linie, welche den Sinus Valsalvae nach oben begrenzt, oder in dem Sinus Valsalvae selbst.

Man hat weiter gesagt, während der Systole des Herzens müssen die Coronarostien nach oben gezogen werden, und also um so mehr dem Bereiche der Klappen entzogen werden, weil ja bei der Systole der Ventrikel die Aorta in die Länge ausgedehnt wird. Nun ist es aber, wie Ihnen wohl bekannt sein wird, eine allgemeine Eigenschaft der Flüssigkeit, also auch des Blutes, dass sich ihr Druck nicht blos in einer Richtung, sondern nach allen Richtungen gleichmässig fortpflanzt, es ist deshalb auch nicht abzusehen, wie durch den Druck des Blutes die Coronararterien, wenn sie einmal innerhalb der Sinus Valsalvae entspringen, aus den Sinus Valsalvae herausgezerrt werden können, und das geschieht auch thatsächlich nicht. Ich habe eine Reihe von Aorten mit einer Gypsmasse unter hohem Drucke ausgegossen, theilweise unter Drucken, wie sie im lebenden Körper normaler Weise gar nicht vorkommen. Stets zeigte sich, dass dies auf die Coronarien gar keinen Einfluss hatte; sie entsprangen in den untersuchten Aorten nach wie vor aus dem Sinus Valsalvae und unter der Linie, welche den Sinus Valsalvae von der übrigen Aortenwand trennt. Richtig ist es aber, dass bei weitem die meisten Coronarostien in der Leiche von der dazu gehörigen Klappe nicht gedeckt werden. Wenn man Ventrikel und Aorta aufschneidet und die Klappen herauflegt, so findet man in der Regel, dass der Rand der Klappe nicht über dem Coronarostium, sondern gerade unter demselben hinweggeht. Das hängt damit zusammen, dass ein Theil der Klappe an das Herzfleisch angewachsen ist, und sich deshalb nur mit diesem bewegen kann.

Dieser angewachsene Theil ist im Herzen, so wie man es in der Leiche findet, schräg nach abwärts gerichtet, indem Aorta und Arteria pulmonalis bei ihrer postmortalen Verkürzung die äusseren Schichten des Herzfleisches, an denen sie zunächst befestigt sind, stärker nach aufwärts gezogen haben als die inneren. Wenn ich nun die Klappe am Leichenherzen gegen die Aorta hinaufzulegen suche, so lege ich nicht die ganze Klappe hinauf, sondern nur den freien Theil. Sie erscheint mir deshalb zu kurz, und zwar fast um die doppelte Breite des

engt; sie wird nicht verschlossen, weil hier keine Klappen sind, aber sie wird verengert, und dadurch für das zurückfliessende Blut schon ein grösserer Widerstand gesetzt. Zu gleicher Zeit findet das Blut aber einen äusserst geringen Widerstand, wenn es aus dem Vorhofe in den Ventrikel übergeht, und es ist deshalb gar keine Ursache für dasselbe vorhanden, sich nach rückwärts gegen die Venen hin zu bewegen. Es findet keinen Widerstand beim Uebergange in die Ventrikel, weil zu dieser Zeit die Ventrikel erschlafft und die Klappen offen sind, so dass gar keine bestimmte Grenze zwischen der Höhle des Vorhofes und der Höhle des Ventrikels existirt. Es ist hier beim Menschen nicht wie bei den Amphibien eine Enge zwischen Vorhof und Ventrikel, sondern Vorhof und Ventrikel stehen durch eine sehr weite Communication mit einander in Verbindung, so dass sie einen gemeinsamen Sack bilden, der nicht einmal durch eine vorspringende Grenzleiste in zwei Theile getheilt ist.

Zweitens hât aber auch das Blut gar keine irgendwie in Betracht kommende Ortsbewegung zu machen, um aus dem Vorhofe in den Ventrikel zu gelangen, denn indem der Ventrikel erschlafft, rückt einfach die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel nach aufwärts. So gut wie man sagt: der Vorhof stösst das Blut in den Ventrikel hinein; so gut kann man auch sagen: der Vorhof zieht den Ventrikel über das Blut hinüber; ein Theil des Ventrikels erleidet eine grössere Ortsveränderung als ein Theil des Blutes, das in den Ventrikel übergeht.

Endlich hat das Blut nicht einmal nöthig, die Herzhöhle, in welche es aufgenommen werden soll, zu erweitern, sondern diese Herzhöhle erweitert sich von selbst. Wir haben schon gesehen, dass, wenn das Herz sich zusammenzieht, der Herzbeutel und die umgebenden Theile einen gewissen, wenn auch nur geringen Widerstand entgegensetzen, und dass damit die Herzaspiration zusammenhängt. Da nun das Herz wieder erschlafft, so werden die elastischen Kräfte, die bei der Systole erzeugt wurden, so weit sie nicht für die Herzaspiration verbraucht worden sind, in der entgegengesetzten Richtung wirken, und schon dadurch wird der Erweiterung des Ventrikels Vorschub geleistet. Es ist aber noch ein anderes Moment vorhanden, durch welches die Herzhöhle ausgedehnt wird. Man setze in die Aorta eines todten Herzens eine lange Röhre, die man senkrecht stellt, schneide den rechten Vorhof auf, so dass die Flüssigkeit, die man durch die Röhren in die Coronararterien eintreibt, aus der Coronarvene frei nach aussen ablaufen kann, nicht in den Vorhof und in den Ventrikel hineingelangt. Wenn man nun Wasser in die Röhre hineingiesst, so sieht man unter dem steigenden Drucke des Wassers, das durch die Coronargefässe geht, das Herz, wenn ich mich so ausdrücken soll, sich entfalten, so dass man die Finger in die leeren Ventrikel hineinstecken kann, deren Höhle eben durch den Druck der Flüssigkeit geöffnet ist. Es rührt dies daher, dass das entfaltete, das entwickelte Herz mehr Blut in seine Gefässe aufnehmen kann als das zusammengezogene. Es sind also alle möglichen Bedingungen vorhanden, um das Blut, welches aus dem Vorhofe kommt, in die Herzhöhle aufzunehmen, ohne dass es bei der Systole der Vorhöfe gegen die Vene hin zurückgetrieben würde.

Da dieses Entfalten durch den Druck des Blutes in den Corona gefässen erfolgt, so muss ja auch, wenn sich das Herz wieder zusammenzieh

dieser Druck überwunden werden, und es fragt sich nun, ob das Herz ihn vollständig zu überwinden hat, oder ob vielleicht ein Theil dieser Arbeit dem Herzen erspart wird. Das Urtheil darüber hängt ab von der Meinung, die man über den controversen Punkt hegt, ob die Coronararterien durch die heraufgeschlagenen Semilunarklappen während der Systole zugedeckt werden oder nicht, denn in ersterem Falle kann nach dem Zustandekommen dieses Verschlusses kein Blut mehr aus der Aorta in die Coronararterien einströmen. Ich will Ihnen nun die Gründe vortragen, die dafür und dagegen geltend gemacht worden sind, und im Vorhinein bemerken, dass ich zu denjenigen gehöre, welche der Ansicht sind, dass die Coronarostien durch die heraufgeschlagenen Semilunarklappen geschlossen werden.

Man hat zunächst gesagt: die Coronararterien können nicht gedeckt werden, weil sie in der Regel ausserhalb der Sinus Valsalvae entspringen. Das ist nicht richtig. Ausserhalb des Sinus Valsalvae entspringen von 100 Coronararterien etwa 4, alle übrigen Coronararterien entspringen entweder in der Linie, welche den Sinus Valsalvae nach oben begrenzt, oder in dem Sinus Valsalvae selbst.

Man hat weiter gesagt, während der Systole des Herzens müssen die Coronarostien nach oben gezogen werden, und also um so mehr dem Bereiche der Klappen entzogen werden, weil ja bei der Systole der Ventrikel die Aorta in die Länge ausgedehnt wird. Nun ist es aber, wie Ihnen wohl bekannt sein wird, eine allgemeine Eigenschaft der Flüssigkeit, also auch des Blutes, dass sich ihr Druck nicht blos in einer Richtung, sondern nach allen Richtungen gleichmässig fortpflanzt, es ist deshalb auch nicht abzusehen, wie durch den Druck des Blutes die Coronararterien, wenn sie einmal innerhalb der Sinus Valsalvae entspringen, aus den Sinus Valsalvae herausgezerrt werden können, und das geschieht auch thatsächlich nicht. Ich habe eine Reihe von Aorten mit einer Gypsmasse unter hohem Drucke ausgegossen, theilweise unter Drucken, wie sie im lebenden Körper normaler Weise gar nicht vorkommen. Stets zeigte sich, dass dies auf die Coronarien gar keinen Einfluss hatte; sie entsprangen in den untersuchten Aorten nach wie vor aus dem Sinus Valsalvae und unter der Linie, welche den Sinus Valsalvae von der übrigen Aortenwand trennt. Richtig ist es aber, dass bei weitem die meisten Coronarostien in der Leiche von der dazu gehörigen Klappe nicht gedeckt werden. Wenn man Ventrikel und Aorta aufschneidet und die Klappen herauflegt, so findet man in der Regel, dass der Rand der Klappe nicht über dem Coronarostium, sondern gerade unter demselben hinweggeht. Das hängt damit zusammen, dass ein Theil der Klappe an das Herzfleisch angewachsen ist, und sich deshalb nur mit diesem bewegen kann.

Dieser angewachsene Theil ist im Herzen, so wie man es in der Leiche findet, schräg nach abwärts gerichtet, indem Aorta und Arteria pulmonalis bei ihrer postmortalen Verkürzung die äusseren Schichten des Herzfleisches, an denen sie zunächst befestigt sind, stärker nach aufwärts gezogen haben als die inneren. Wenn ich nun die Klappe am Leichenherzen gegen die Aorta hinaufzulegen suche, so lege ich nicht die ganze Klappe hinauf, sondern nur den freien Theil. Sie erscheint mir deshalb zu kurz, und zwar fast um die doppelte Breite des

angewachsenen Theiles, denn erstens fehlt er mir beim Hinauflegen und zweitens ist er schräg nach abwärts gerichtet und verlegt dadurch die Umbiegungsstelle, wenn ich mich so ausdrücken darf, das Gelenk der Klappe, noch nach abwärts.

Ganz anders verhält es sich während der Systole der Ventrikel im lebenden Körper. Ich muss hier vorwegnehmen, dass der lebende Muskel eine viel geringere Consistenz hat als der todte, dass er den Impulsen der Schwere fast wie eine flüssige Masse folgt, und dass er, nach den Untersuchungen von Eduard Weber, selbst während seiner Contraction weich bleibt und erst hart wird, wenn er anfängt, seine eigene Substanz zusammenzudrücken, oder wenn durch einen Widerstand eine solche Spannung in ihm erzeugt wird, dass er dadurch hart wird. Ich kann auf die näheren Ursachen hievon augenblicklich nicht eingehen: ich will nur im Allgemeinen bemerken, dass, wenn irgend ein Molekül eine Tendenz hat nach einer bestimmten Richtung fortzuschreiten, es dadurch anderen Impulsen nicht unzugänglich ist, sondern wie ein ruhendes Molekül noch seitlich und in gleicher Richtung fortgeschoben werden kann, und nur einen Widerstand entgegensetzt, wenn man es in der entgegengesetzten Richtung bewegen will. Die ganze Masse des Herzens ist also, wie man dies bei der Contraction des lebenden leeren Herzens auch wahrnehmen kann, vollkommen weich, es sind die inneren Schichten des Herzfleisches gegen die äusseren Schichten desselben leicht verschiebbar. Während der Systole der Ventrikel nun unterliegen die ersteren dem Drucke der letzteren. Sie bewegen sich also in ähnlicher Weise gegen den Ort des kleinsten Widerstandes hin, wie es das Blut selbst thut. Der Ort des kleinsten Widerstandes ist aber die Aorta, da geht das Blut hin, und gegen diese hin verschiebt sich auch die innere Partie des Herzfleisches. Es richtet sich also der Theil der angewachsenen Klappe, der im todten Zustande nach abwärts gerichtet war, nach aufwärts, und dadurch reicht die Klappe fast um die doppelte Breite der angewachsenen Partie weiter hinauf. So ist sie nun allerdings im Stande, das Coronarostium zu schliessen.

Man hat behauptet, dass zwar bei vielen Thieren, aber nicht beim Menschen, die Klappen am Herzfleische angewachsen seien. Der directe Augenschein lehrt, dass dies doch der Fall ist. Man mache einen Längsschnitt, der gleichzeitig Coronarostium, Klappe und Herzfleisch trifft, und man wird sich leicht überzeugen, dass die mit dem Herzfleische verwachsene Zone in der That vorhanden ist, wenn auch nicht in solcher Breite, wie sie bei manchen Säugethieren vorkommt.

Man hat ferner gesagt: Es ist ganz gleichgiltig, ob die Klappe während der Systole bis über das Coronarostium hinaufreicht oder nicht, weil sie sich doch nicht an die Wand der Aorta anlegt.

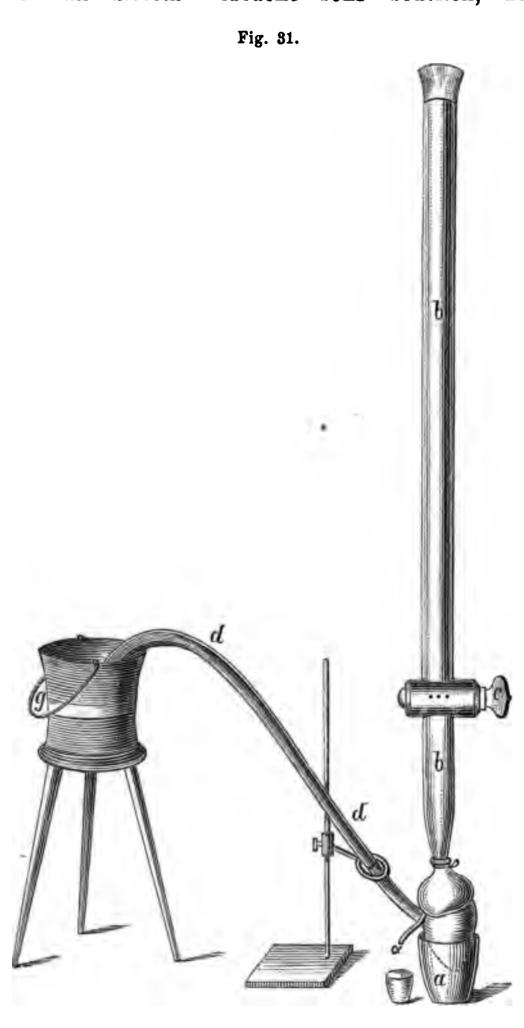
Man hat dafür verschiedene Gründe angegeben. Erstens hat man gesagt, die Ränder der Klappe seien zu kurz, sie könnten sich gar nicht so weit ausbauchen, dass sie sich an die Aortenwand anlegen, sie bildeten vielmehr während der Systole ein Dreieck mit mehr oder weniger bogenförmigen Seitenrändern. Es ist vollkommen richtig, dass die Ränder der Klappe zu kurz sind, wenn man sich vorstellt, dass dieselben sich in die Concavitäten der Sinus Valsalvae hineinlegen sollen; sie sind aber nicht zu kurz, wenn sie, wie wir es nach dem, was ich

oben über die angewachsene Zone und die Bewegung des Herzfleisches gesagt habe, annehmen müssen, so weit gehoben werden, dass sie sich nicht in die Concavität der Sinus Valsalvae hineinlegen, sondern an die Wand der Aorta, da, wo sie die obere Grenze des Sinus Valsalvae bildet und in denselben übergeht. Dass sie dafür nicht zu kurz sind, davon kann man sich durch Messungen überzeugen, welche man einmal macht an der Circumferenz der Aorta und das andere Mal an den Rändern der ausgespannten Klappe.

Man hat weiter empirisch zeigen wollen, dass die Klappen sich nicht an die Wand der Aorta anlegen. Man hat dazu verschiedene Wege eingeschlagen. Man hat erstens die Aorta vom Ventrikel aus mit einer Talgmasse injicirt und, während dieselbe hineingetrieben wurde, die Aorta zugeklemmt. Hinterher, nachdem die Masse erstarrt war, machte man Durchschnitte, und nun wurden allerdings die Klappen nicht an der Wand anliegend gefunden, sondern in der Injectionsmasse mit ihren Rändern ein Dreieck bildend. Der Erfolg ist aber durchaus begreiflich, denn die Klappen werden ja nur mit ihren Rändern an der Wand festgehalten durch den fortschreitenden Flüssigkeitsstrom; sobald man diesen Strom unterbricht, so gehen sie in ihre frühere Gleichgewichtslage zurück, sie entfernen sich von der Wand und begeben sich dahin, wo man sie nachher auf Durchschnitten gefunden hat. Man hat auch einen andern Versuch angestellt, welcher darin bestand, dass man die Aorta über dem Sinus Valsalvae und über den Ostien der Coronararterien abschnitt, dann in den Stumpf eine Glasröhre hineinsetzte, durch die man auf die Klappen sehen konnte, und die Glasröhre mit einem Kautschukschlauche verband. Nun wurde Flüssigkeit hindurchgetrieben und der Stand der Klappe beobachtet. Auch jetzt legten sich die Klappen nicht an die Wand, sondern flottirten in der Flüssigkeit. Man hat aber auch hier nicht die Bedingungen hergestellt, wie sie im Leben vorhanden sind. Im Leben ist die Wand der Aorta glatt und gibt nicht zur Bildung von Wirbeln Veranlassung; hier aber hatte man ein Glasrohr hineingesteckt, das einen vorspringenden Rand bildete. Also gerade an der Stelle, wo die Klappe sich anlegen sollte, musste sich ein Wirbel bilden und das feste Anlegen der Klappe verhindern; sie musste im steten Flottiren erhalten werden. Der directe Beweis, dass sich die Klappen wirklich an die Wand anlegen, ist durch einen Versuch geliefert worden, den Ludwig in seinem Lehrbuche, dem auch die beistehende Figur entnommen ist, beschrieben hat. Beim Herzen des Schweines ist die Klappe, die dem rechten Coronarostium gegenübersteht, in beträchtlicher Ausdehnung an das Herzfleisch angewachsen, die Klappe aber, welche dem linken Coronarostium gegenübersteht, ist gar nicht angewachsen, und diese deckt deshalb im todten Schweineherzen noch immer das Ostium. In diese Coronaria wird nun, nachdem sie früher von aussen angeschnitten wurde, eine Federspule, Fig. 31 *α*, eingeführt, so dass die Flüssigkeit, welche man in das Ostium hineintreibt, aus dieser ausfliesst. Dann wird das Herz in einen konischen Trog, Fig. 31 *a*, hineingesetzt und in den linken Vorhof eine hohe hölzerne Röhre, Fig. 31 *b b*, gesteckt, die von einem Hahne *c* durchbohrt ist. Die Aorta wird nicht dicht über den Coronarostien abgeschnitten, sondern es wird der ganze Arcus aortae daran gelassen, und die von ihm

abgehenden Aeste werden unterbunden. Am Schnittende wird n einer Glasröhre die Aorta mit einem Kautschukrohr *d d* in Verb gesetzt, und dieses in ein Standgefäss *g* hinübergeleitet. Jetzt wi bei offenem Hahne *c* der ganze Apparat durch das Rohr *b b* mit angefüllt, bis das letztere anfängt in *g* hinüberzufliessen. Dan der Hahn *c* zugedreht, und die Röhre *b b* vollständig und bis obe auf angefüllt. Wenn der Hahn nun plötzlich wieder geöffnet wird, kein Tropfen aus der in der Coronaria steckenden Federspule *a*, o es im vollen Strome durch Herz und Aorta geht und nach *g* hi fliesst. Worin der Fehler des früher erwähnten Versuches bestand sich an diesem Versuche sehr deutlich, denn so wie die ge Vibration entsteht, man die Röhre *b b* auslaufen lässt und von oben nachgiesst, augenblicklich au Federspule das aus, weil nun weg vibrirenden Bewegu Flüssigkeit die Klap nicht mehr ruhig Ebenso gelingt de such, den ich oftm gestellt habe, ni einem Herzen, a man die aufsteigend durchschnitten und das Glasrohr eing hat. Es muss imm Arcus aortae noch sein, damit sich üb Klappenrand keine bilden.

Fig. 31.



Man hat Wenn die Klappe die Wand anlegt, wi sie dann behufs d schlusses der Sem klappen wieder v Wand zurückkomm ist schwer zu sage man glauben kan bei einer rückg Bewegung der Flü die Klappe ruhig Wand liegen bleib geht von der Wa rück, sobald die K wirken aufhört, welche sie gegen die Wand andrückt, wie wir die oben gesehen haben; umsomehr muss sie von der Wand zurüc

bei dem jähen Abfall des Druckes, der auf der innern Seite der Klappe stattfindet, sobald der Ventrikel erschlafft, und die Blutmasse, welche sich im Bulbus arteriosus zwischen den drei Klappen befindet, in das Herz zurückstürzt.

Es ist weiter gesagt worden: Wenn auch wirklich die Klappe das Coronarostium verschliesst, so wird dadurch in der Sache gar nichts geändert, weil dies erst am Ende der Systole geschehen wird, folglich in einer Zeit, in welcher ohnehin durch die Systole als solche kein Blut mehr in die Coronarien eingetrieben würde. Die Behauptung, dass der Verschluss erst am Ende der Systole eintritt, ist offenbar grundlos. Es ist kein Grund vorhanden zu behaupten, dass das Heraufschlagen der Klappen gegen die Coronarostien mehr Zeit beansprucht, als das Zurückfallen der Klappen in ihre Verschlusslage. Wenn also das Heraufschlagen der Klappen bis an die Aorta so viel Zeit in Anspruch nehmen würde, dass sich während derselben schon der ganze Ventrikel entleert hätte, so müsste man consequenter Weise auch annehmen, dass die ganze Blutmenge, die das Herz ausgetrieben hat, auch vollständig Zeit hat, in den Ventrikel zurückzufallen, ehe die Klappen sich wieder verschliessen. Das würde aber, wie Sie leicht einsehen, nichts anderes heissen, als dass das Herz gänzlich ohne Nutzeffect arbeitet. Das ist bekanntlich nicht der Fall; die Klappen schliessen, nachdem derjenige Theil des Blutes, der sich zwischen ihnen befand, oder wenig mehr in das Herz zurückgefallen ist, indem sie eben nur passive Bewegung haben, indem sie alle Bewegungen mitmachen, welche das sie bespülende Blut macht. Voraussichtlich sind also die Klappen an die Aorta hinaufgelegt, wenn eine ähnliche Blutmenge ausgetrieben ist, eine Blutmenge, die nur einen mässigen Bruchtheil des Blutes darstellt, das mit einer Systole vom Herzen ausgetrieben wird. Der Bruchtheil ist, ich kann nicht sagen ob ganz richtig, auf $\frac{1}{7}$ geschätzt worden.

Man hat weiter experimentell durch Vivisectionen beweisen wollen, dass die Coronarostien während der Systole nicht geschlossen werden. Man hat gesagt, wenn es wahr wäre, dass die Coronarostien während der Systole geschlossen werden, so müssten sie nicht systolisch, sondern diastolisch spritzen. Nun hat man das Herz eines lebenden Thieres blossgelegt, und hat die eine oder die andere Coronaria angestochen und gefunden, dass sie systolisch spritze. Wir haben schon früher gesehen, dass die Bewegungen des Herzens, wenn es ausserhalb des Herzbeutels, ausserhalb seiner natürlichen Umgebung liegt, wesentlich verschieden sind von den Bewegungen, welche das Herz im Herzbeutel macht, dass es schleudert und sich unregelmässig bewegt. Aber ganz abgesehen davon fragt es sich, ob man denn überhaupt erwarten konnte, dass die Coronarien diastolisch spritzen würden, wenn ihre Ostien während der Systole verschlossen werden. Fangen wir einmal beim Beginne der Systole an: Das Herz zieht sich zusammen, der Druck an der Wurzel der Aorta steigert sich. Zu dieser Zeit liegen die Klappen noch nicht an, der erste Effect ist also, dass der Blutstrahl aus der Coronaria höher aufspringen muss. Die Coronaria muss also systolisch spritzen, wie jede andere Arterie. Im Verlaufe der Systole wird nun allerdings nach unseren Vorstellungen die Klappe vor das Ostium gelegt, so dass der weitere Bluteintritt gehindert wird. Unterdessen ist aber mit dem

Herzen eine Veränderung vorgegangen und geht fortwährend vor sich. Das Herz zieht sich stärker und stärker zusammen, und dadurch wird der Abfluss des Blutes aus den Coronararterien durch die Capillargefässe in die Coronarvenen gehindert. Der Druck in den Coronarien kann also nicht plötzlich abfallen. Nun erschlafft das Herz. Allerdings fliesst jetzt durch die Coronarostien wieder Blut hinein, aber der nächste Effect ist, dass während des Zurückgehens der Semilunarklappen in die diastolische Lage eine plötzliche Druckverminderung an den Coronarostien eintritt, durch welche die Geschwindigkeit, mit der das Blut in sie eintritt, sicher vermindert, vielleicht sogar gleich Null oder negativ wird. Gleichzeitig wird das Capillargefässsystem wieder frei und es tritt eine Druckverminderung im Systeme der Coronararterien ein, indem plötzlich ein grosser Widerstand zum grossen Theile hinweggeräumt wird. Dieses Experiment ist also gar nicht geeignet, um überhaupt die Frage zu entscheiden, ob die Coronarostien während der Systole gedeckt werden oder nicht.

Man hat freilich behauptet, die ganze Vorstellung, dass das Herz durch seine Zusammenziehung seinen eigenen Kreislauf, das Abfliessen des Blutes aus den Coronararterien in die Coronarvenen hindere, sei unrichtig. Man hat dabei vergessen, dass sich das lebende Herz unter ganz anderen Bedingungen befindet, als jeder andere sich contrahirende Muskel. Fangen wir einmal an der inneren Oberfläche des Herzens an: Ein Papillarmuskel oder ein Fleischbalken, der in das Innere der Herzhöhle vorspringt, ist während der Systole einem Drucke von Seiten des Blutes ausgesetzt, der gleich, oder im strengen Sinne grösser ist, als der gleichzeitige Druck in der Wurzel der Aorta, denn zu dieser Zeit fliesst ja das Blut von der Herzhöhle gegen die Aorta. Da der Druck im Coronarostium derselbe ist wie in der Wurzel der Aorta, so ist es also kaum glaublich, dass aus den Coronarien auch nur die allergeringste Menge von Blut in diese Fleischbalken und in diese Papillarmuskeln hineingebracht werden könnte: hier muss die Circulation gänzlich gehindert sein, so weit nicht etwa, was möglich, aber nicht bewiesen und bei der Structur des Herzmuskelfleisches nicht einmal wahrscheinlich ist, durch die Spannung der Muskelfasern die zwischen ihnen liegenden Capillaren theilweise vor dem Drucke geschützt werden. Jetzt gehen wir weiter nach aussen. Je weiter wir nach aussen kommen, umsomehr nimmt der Druck ab, weil ja nur noch die Partie des Herzfleisches, welche von der untersuchten Stelle nach aussen liegt, drückt. Es ist also jetzt, wenn wir bis zu einer gewissen Tiefe gekommen sind, kein absolutes, aber noch immer ein relatives Hinderniss für die Fortbewegung des Blutes vorhanden, ein Hinderniss, welches umsomehr abnimmt, je mehr man sich der äusseren Oberfläche nähert. Es kann also nicht bestritten werden, dass die Zusammenziehung des Herzens ein sehr bedeutendes Hinderniss für die Fortbewegung des Blutes aus den Coronararterien in die Coronarvenen abgibt. Man hat freilich gesagt: Die Erfahrung lehrt, dass dem nicht so sei, denn, wenn das Capillarsystem des Herzens bei der Systole comprimirt würde, so müsste ja das Herz während der Systole blass werden, das thut es aber nicht. Man hat hier zweierlei vergessen. Erstens, dass das Herz selbst nicht aus weissem, sondern aus rothem Fleische besteht, und zweitens, dass das Herz seine

rothe Farbe nicht den tiefen Gefässen verdankt, die man nicht sieht, sondern, soweit sie nicht der Muskelsubstanz als solcher angehört, den oberflächlichsten Gefässen, deren Circulation am wenigsten durch die Zusammenziehung des Herzens leidet. Die Farbe belehrt also durchaus nicht über das, was in der Tiefe des Herzfleisches vorgeht. Ferd. Klug hat in Prof. Jendrassik's Laboratorium experimentell erwiesen, dass das Herz seine Capillaren zusammendrückt. Durch Reizung der Nervi Vagi kann man, wie wir später sehen werden, das Herz lebender Thiere in der Diastole still stellen. Dies benutzte Klug, um es an Kaninchen in diesem Zustande zu unterbinden. Die Capillaren fanden sich, nachdem das Blut künstlich mittelst verdünnter Schwefelsäure zum Gerinnen gebracht war, mit Blut gefüllt. An anderen Kaninchen brachte er das so still gestellte Herz mittelst eines momentanen Reizes, mittelst eines Inductionsschlages, zur einmaligen Contraction und unterband es in der Systole. Nur die oberflächlichen Capillaren fanden sich bei diesen voll Blut, die tieferen waren nahezu blutleer.

Es gibt nun noch einige Erfahrungen, welche darauf hinweisen, dass nicht nur bei vielen Thieren, bei denen es schon nach dem anatomischen Bau auf der Hand liegt, sondern dass auch beim Menschen wirklich die Coronarostien geschlossen werden. Ich bewahre ein Herz auf, bei welchem sich an der Anheftung der einen Klappe eine Verknöcherung befindet. Diese Verknöcherung hat gehindert, dass mit dem Herzen diejenige Leichenveränderung vor sich gehe, welche ich Ihnen früher erwähnt habe, und von welcher es eben abhängt, dass die heraufgelegte Klappe das Coronarostium nicht mehr schliesst. Wenn man nun auf diese Verknöcherung drückt, so macht die Klappe offenbar diejenige Bewegung, welche sie während des Lebens gemacht hat, und dann schliesst sie das dazu gehörige Coronarostium. Ueber demselben liegen atheromatöse Ablagerungen, und diese sind genau dem Rande der Klappe entsprechend abgeschnitten, so dass man sieht, dass gerade bis an diese der Rand der Klappe hinaufgereicht habe, und sie legt sich auch jetzt noch genau in derselben Linie an. Nun sieht man manchmal an andern Aorten, bei welchen keine solche Verknöcherung stattgefunden hat, und an denen die Klappe in der Leiche nicht mehr über das Coronarostium hinaufreicht, ähnliche atheromatöse Ablagerungen auf dieselbe Weise scharf über dem Sinus Valsalvae abgeschnitten, so dass die Linie, in welcher sie abgeschnitten sind, ganz das Bild des Randes der Klappe darstellen. Es liegt also nahe, dass auch hier die Klappe gerade bis an diese Stelle hinaufgereicht habe. Ich bewahre ferner ein anderes Herz auf, an dem die zwei den Coronarostien gegenüberliegenden Klappen mit einander verwachsen sind. Sie sind so mit einander verwachsen, dass sie eine Tasche bilden, in der die Coronarostien liegen, so dass, wenn man an die Verwachsungsstelle andrückt, die Coronarostien gedeckt werden, was schwerlich der Fall sein würde, wenn sie während des Lebens nicht auch gedeckt worden wären, und zwar nicht nur seit der Verwachsung, sondern auch vor derselben. Es kommen ferner in der Lunula, im dünnen Theile der Klappen, der jederseits neben dem Nodulus Arantii liegt, nicht selten Perforationen vor, und diese entsprechen ganz auffallend oft einem Coronarostium. Dabei sieht man das Stück der Klappe, welches über der Perforation liegt, nach oben in einen

Bogen ausgezerrt, so dass man sich nicht der Vorstellung erwehren kann, dass das Blut nicht über diesen Bogen hinüber in die Coronararterie gekommen, sondern dass es durch das Loch der Klappe in die Coronararterie gelangt sei. Dies führt aber wieder auf die Vorstellung, dass früher im normalen Zustande, und ehe die Klappe perforirt war, das Coronarostium gedeckt wurde, und dass an der Stelle des Coronarostiums, dort, wo der Widerstand geringer war, die Klappe durchlöchert wurde. Ich bewahre auch ein Herz auf, an dem in dem einen Sinus Valsalvae statt einer Coronarie zwei entspringen und mithin von Hause aus zwei Coronarostien von einer Klappe gedeckt wurden, und an dem sich diesem entsprechend zwei Oeffnungen in einer und derselben Lunula befinden.

Man kann nun fragen, welche Veränderungen eintreten, wenn ein Coronarostium nicht gedeckt wird. Welche Erscheinungen in Folge davon im Leben eintreten, wissen wir nicht. Wir sind lediglich auf den Leichenbefund angewiesen. Wenn der Mangel an Deckung erworben ist durch Perforation oder durch Verzerrung der Klappe, habe ich niemals eine Veränderung gefunden, die sich davon ableiten liesse. Wenn aber die eine Coronaria anomal entsprang, so dass sie von frühester Zeit an niemals gedeckt worden war, fand ich immer diese Coronaria grösser als die andere, gleichviel ob es die rechte oder die linke war. Das spricht wiederum dafür, dass im Leben die Coronarien normaler Weise gedeckt werden, und dass vermöge dieser Deckung ein geringerer Druck auf ihren Wandungen lastet als bei mangelnder Deckung.

Accessorische Impulse für die Blutbewegung.

Bringt das Herz für sich allein die ganze Arbeitskraft auf, welche den Kreislauf im Gange erhält, oder findet es dabei irgend welche Unterstützung? Wenn man auch nicht in Abrede stellen kann, dass unzweifelhaft das Herz die Hauptarbeitskraft aufbringt, so darf man sich doch nicht verhehlen, dass auch andere Muskelbewegungen dasselbe wirksam unterstützen. Wir haben gesehen, dass bei der Inspiration der Druck in der Brusthöhle unter den atmosphärischen erniedrigt wird, und dass in Folge davon das Blut aus den Venen ausserhalb des Thorax in die Venen innerhalb des Thorax einströmt. Wir haben gesehen, dass bei der Exspiration der Druck sich über den atmosphärischen steigert, und deshalb der Rückfluss des Blutes gehindert wird. Wenn wir uns nun vergegenwärtigen, dass die fortschreitende Bewegung des Blutes in der Richtung ihres natürlichen Stromlaufes frei ist, dass dagegen alle rückläufigen Bewegungen von Stelle zu Stelle durch Ventile gehindert sind; so müssen wir uns sagen, dass der Wechsel des Druckes im Allgemeinen der Fortbewegung des Blutes förderlich sein muss, dass er mehr fördern als hindern muss, und dass deshalb die Action der Respirationsmuskeln mit in Betracht kommt als Hilfsarbeitskraft für das Herz. Besonders gilt dies noch für den Blutlauf in der unteren Hohlvene, indem bei der Inspiration nicht nur der Druck in der Brusthöhle unter den atmosphärischen sinkt, sondern auch der Druck in der Bauchhöhle nicht unbeträchtlich gesteigert wird, so dass durch die Inspiration das Blut in der unteren Hohlvene gewissermassen heraufgepumpt wird.

Es sind nicht die Respirationsbewegungen allein, welche hier in Betracht kommen, wenn sie auch in erster Reihe zu berücksichtigen sind, auch alle übrigen Muskelbewegungen müssen den Blutlauf befördern, nicht nur secundär, indem sie auf das Herz zurückwirken und das Herz zu stärkerer Action anregen, sondern auch primär, insofern sie von Zeit zu Zeit den Druck, der auf den Gefässen lastet, verändern. Man muss bedenken, dass im Allgemeinen jeder kurzdauernde Druck der Vorwärtsbewegung des Blutes zu gute kommt, weil die Rückwärtsbewegung früher oder später durch Klappen gehindert ist.

Es hat nicht an Leuten gefehlt, welche vermöge seltsamer Missverständnisse über die Grundlehren der Mechanik die Schwere mit als eine Hilfskraft für die Circulation betrachtet haben, von Heberwirkungen sprachen u. s. w. Es wurde dabei eben vergessen, dass ein Kilogramm Blut, wenn es ein Meter herunterfällt, nur so viel Arbeit erzeugt, wie verbraucht wird, um ein Kilogramm Blut ein Meter hoch zu heben. Aber auf die Vertheilung des Blutes hat, wie Jedermann weiss, die Schwere einen sehr wesentlichen Einfluss, und sie kann somit auch den Zufluss des Blutes zu einem bestimmten Körpertheile erleichtern und befördern. Darauf beruht es, dass Ohnmächtige, deren Herz zu schwach arbeitet, um die Circulation durch's Gehirn gehörig zu speisen und im Gange zu erhalten, leichter erwachen, wenn man sie niederlegt, als wenn man sie aufrichtet. Aus demselben Grunde gab früher, als man noch bis zur Ohnmacht zur Ader liess, Marshall Hall die Regel, man solle dies nie am liegenden Kranken thun, ihn stets vorher aufrichten, damit man durch die beginnende Ohnmacht rechtzeitig gewarnt werde.

Mit der Blutfülle eines Organes ändert sich natürlich innerhalb gewisser Grenzen sein Volum. Dies hat Mosso benützt, um die Veränderungen in der Blutfülle eines Gliedes, des Armes und der Hand, zu beobachten. Ein selbstregistrirender Apparat verzeichnet die Volumveränderungen mittelst der Flüssigkeitsmengen, die von dem Arme und der Hand aus einem von starren Wänden umgebenen Raume verdrängt wurden. Ein solches Instrument heisst Plethysmograph. Liegt die Binde, welche den in der Flüssigkeit befindlichen Theil von dem freien Theile trennt, so fest an, dass dadurch ein Widerstand für den Rückfluss des Blutes gemacht wird, gegen den die sonstigen Widerstände in den Armvenen und ihr Wechsel vernachlässigt werden können, so ist die Blutfülle hauptsächlich abhängig vom Seitendrucke in den Arterien, so dass aus den Anzeigen des Instrumentes Rückschlüsse auf das Wachsen und Abnehmen desselben gemacht werden können. Aehnliche Untersuchungen hat v. Basch mit einem Instrumente von etwas anderer Construction angestellt. Mosso hat theils mit dem Plethysmographen, theils durch andere Hilfsmittel gezeigt, dass auch geistige Thätigkeit und Gemüthsaffecte von objectiv nachweisbarem Einfluss auf die Vertheilung des Blutes im Körper sind.

Die Vertheilung des Blutes im lebenden Körper.

Die Vertheilung des Blutes ist im Leben sehr verschieden und hängt von sehr verschiedenen Umständen ab, man kann aber doch versuchen, sich im Grossen und Ganzen eine Vorstellung über dieselbe zu

verschaffen, und das hat Ranke dadurch zu thun versucht, dass er im lebenden Thiere einzelne Organe abgebunden hat, die Blutmenge derselben feststellte, und zugleich die Blutmenge des übrigen Thieres bestimmte. Er unterscheidet zwischen Bewegungsapparat und Drüsenapparat. Unter Bewegungsapparat versteht er die Muskeln und die Nerven mit Einschluss der Haut und der Knochen, und unter Drüsenapparat versteht er die gesammten Eingeweide. Es ist das also ungefähr dieselbe Eintheilung, wie sie die alten Biologen machten, wenn sie von einem animalen und von einem vegetativen Leibe sprachen; denn unter animalem Leibe verstanden sie das Nervensystem mit Ausschluss des Sympathicus, ferner die Muskeln, die Knochen, die Haut u. s. w., unter dem vegetativen Leibe verstanden sie die Eingeweide der Brust- und Bauchhöhle. Nach dieser Eintheilung nun kommt nach Versuchen, die Ranke an Thieren gemacht hat, auf den animalen Leib ungefähr ein Drittheil der gesammten Blutmasse, auf den vegetativen etwa zwei Drittheile. Von den Organen dieses letzteren enthält wiederum die Leber das meiste Blut, indem sie nach Ranke ein Viertel der Gesammtblutmasse beherbergen soll. Die Capacität der Gefässe des chylopoetischen Systems ist dabei noch mit Ausschluss der Leber so gross, dass Thiere, denen die Pfortader unterbunden wird, unter den Erscheinungen der inneren Verblutung zu Grunde gehen, weil sich in der Pfortader und ihren Zuflüssen so viel Blut ansammelt, dass die übrigen Organe daran verarmen.

Denken wir an die Ursachen, durch welche die normale Blutvertheilung gestört werden könnte, so fällt uns zunächst auf, dass dies geschehen müsste, wenn die beiden Herzen, das rechte und das linke Herz, mit ungleichem Nutzeffect arbeiteten. In den alten Lehrbüchern der Anatomie finden Sie noch dem Leichenfunde gemäss das relative Grössenverhältniss vom rechten und linken Ventrikel beschrieben, als ob sie beide verschieden gross wären. Nun, das kann im Leben offenbar nicht der Fall sein: denn die beiden Herzen werfen im normalen Zustande offenbar beide gleichviel Blut aus. Wenn das rechte Herz dauernd mehr Blut auswürfe als das linke Herz, so müsste nach und nach alles Blut in den kleinen Kreislauf gelangen, und im übrigen Körper würde gar nichts bleiben, und umgekehrt, wenn das linke Herz dauernd mehr Blut auswürfe als das rechte Herz, so würde alles Blut in den Körperkreislauf gelangen müssen, und es würde zuletzt für die Lungen gar nichts mehr übrig bleiben. Sie entleeren sich aber auch beide bei der Systole nahezu vollständig, und ein leerer Raum existirt in ihnen auch nicht. So weit man also überhaupt von der Grösse von Höhlen, deren Capacität so veränderlich ist, wie die der Herzhöhlen, sprechen kann, muss man sagen, dass die beiden Herzhöhlen im Leben gleich gross sind. Es könnte aber doch sein, dass das eine Herz anfängt mit geringerem Nutzeffect zu arbeiten als das andere. Denken wir z. B. das linke Herz bekäme einen Fehler an den Aortaklappen, entweder eine Stenose oder eine Insufficienz; so würde bei der Stenose die Oeffnung, durch welche das Blut ausgeworfen wird, zu klein werden, und das Herz würde dadurch mit geringerem Nutzeffect arbeiten; bei der Insufficienz würde es mit geringerem Nutzeffect arbeiten: weil ein grösserer Theil des ausgeworfenen Blutes wieder in das Herz zurückfällt, als im normalen Zustande. Davon sollte nun die Folge sein, dass sich das Blut im kleinen Kreislauf so

lange anhäuft, bis das linke Herz so viel besser und das rechte Herz so viel schlechter gespeist ist, dass dadurch der Fehler am linken arteriösen Ostium compensirt wird. Das geschieht nun in Wirklichkeit in der ersten Zeit nicht, und zwar deshalb nicht, weil das Herz, dem jetzt die grössere Arbeit aufgelastet ist, das linke Herz, hypertrophisch wird, nach dem allgemeinen Gesetze, dass ein Muskel, dem eine grössere Arbeit aufgelastet wird, so lange er dieser Arbeit überhaupt noch ohne dauernde Ermüdung Herr werden kann, an Masse zunimmt. Das ist die sogenannte compensirende Hypertrophie, welche den Individuen noch ein relatives Wohlbefinden verschafft, abgesehen von gewissen Erscheinungen, welche von der anomalen Füllung des Arteriensystems herrühren. Bei der Stenose sind es die Erscheinungen der mangelhaften Füllung, Blässe, Neigung zu Ohnmachten u. s. w., bei Insufficienzen, bei denen ungewöhnlich grosse Blutmengen in das Arteriensystem hineingeworfen werden müssen, weil ein grosser Theil des Blutes zurückfällt, wo also das Arteriensystem bei jeder Systole sehr stark ausgedehnt wird, sind es Erscheinungen von Congestion, Neigung zu apoplektischen Anfällen u. s. w. — Erst wenn die compensirende Hypertrophie nicht mehr ausreicht, wenn das eine Herz nun wirklich anfängt, mit geringerem Nutzeffect zu arbeiten als das andere, erst dann tritt secundär eine Ueberfüllung des Lungenkreislaufes mit ihren Folgeerscheinungen auf.

Anders verhält es sich, wenn das Herz deshalb mit geringerem Nutzeffect arbeitet, weil die Insufficienz sich am venösen Ostium befindet, wenn die Valvula mitralis nicht schliesst, so dass ein Theil des Blutes in den Vorhof zurückgeworfen wird. Dann muss sich der kleine Kreislauf thatsächlich mit Blut überfüllen, so lange, bis nun das linke Herz so viel besser gespeist wird als das rechte, dass trotz seines Fehlers von ihm ebensoviel Blut befördert wird, wie vom rechten Herzen. Deshalb tritt bei Insufficienz der Mitralis auch immer Kurzathmigkeit auf wegen der Ueberfüllung des kleinen Kreislaufes und im weiteren Verlaufe Neigung zu Katarrhen, zu Haemoptoe u. s. w. — Wenn aber der Lungenkreislauf überfüllt wird, so wird natürlich in ihm auch das Blut unter einen grösseren Druck gesetzt, und die Folge davon ist, dass nun das rechte Herz eine grössere Arbeit zu überwinden hat, und in Folge davon tritt die compensirende Hypertrophie nun nicht an dem eigentlich kranken Herzen, sondern an dem gesunden rechten Herzen auf. Was ich hier über die Unterschiede in den Folgen von Klappenfehlern einerseits am arteriösen und andererseits am venösen Ostium des linken Herzens gesagt habe, das können Sie mutatis mutandis ebenso vom rechten Herzen gelten lassen.

Es kann aber die ungleiche Vertheilung des Blutes auch eine andere Ursache haben, z. B. in einem Hinderniss, welches sich im Capillarsysteme befindet. Es kann z. B. in den Capillaren der Lunge ein ungewöhnlicher Widerstand gesetzt sein, wie dies bei einer ausgebreiteten Lungenentzündung der Fall ist. Dann wird die nächste Folge sein, dass der Druck sich hinter diesem Hinderniss steigert, es steigt der Blutdruck in der Lungenschlagader, es wird also dem rechten Herzen eine grössere Arbeit als im normalen Zustande aufgelastet, es wird diese Arbeit bis zu einem gewissen Grade leisten, aber endlich, wenn es sie nicht mehr leistet, wird es sich unvollkommen entleeren, es wird deshalb

auch von der venösen Seite weniger Blut aufnehmen können, als im normalen Zustande. Die Folge davon muss sein, dass sich die Stauung auf die Körpervenen fortsetzt, es tritt Ueberfüllung des Hohlvenensystems ein, die sich dem Arzte äusserlich in der Turgescenz der Jugularvenen zeigt. Andererseits kann aber auch ein ähnliches Hinderniss in den Capillaren des grossen Kreislaufes liegen, und hier ist es namentlich die Leber, in welcher dergleichen Hindernisse vorkommen. Nun wissen Sie aber, dass die Leber das Blut durch die Pfortader aufnimmt, welche sich aus den Venen des chylopoetischen Systems sammelt. Wenn deshalb ein Hinderniss in der Leber ist, so muss zunächst der Druck in der Pfortader steigen, und dieser Druck muss sich nach rückwärts fortpflanzen und muss sich übertragen auf die ganzen Capillaren des chylopoetischen Systems. Daher rühren auch die mannigfaltigen Beschwerden und krankhaften Zustände, welche der Pfortader schon bei den alten Aerzten den Namen der porta malorum verschafft haben.

Die Füllung des Capillarsystems im Grossen und Ganzen hängt wesentlich von zweierlei Momenten ab: Erstens von der Art, wie das Herz arbeitet, und zweitens von dem Contractionszustande der Arterien, und dieser ist wiederum am veränderlichsten in den kleineren und mittleren Arterien, so dass diese einen viel grösseren Einfluss auf die Vertheilung des Blutes haben als die grossen. Wenn das Herz kräftig arbeitet, so steigt der Blutdruck im Arteriensysteme, es wird folglich das Capillarsystem reichlich gespeist, es füllt sich mit Blut. Wenn das Herz schwach arbeitet, so ist die Folge davon, dass der Blutdruck in den Arterien sinkt, dass die Capillargefässe schlecht gespeist werden, daher die Blässe der Ohnmächtigen, die Blässe der Sterbenden. Andererseits kann aber bei ein und derselben Herzthätigkeit die Menge des Blutes in den Capillaren vermindert werden durch eine stärkere Contraction der Arterien, und es kann ebenso die Menge des Blutes in den Capillaren vermehrt werden dadurch, dass die Muskulatur der Arterien erschlafft, die Wege, durch welche das Blut zu den Capillaren befördert wird, weit offen werden. Das kann aber nicht allein geschehen gleichzeitig in Rücksicht auf den ganzen Körper, sondern es kann sich dies auch in einzelnen Gefässgebieten ereignen. Wir können uns davon sehr deutlich an Kaninchen überzeugen, denen wir den Halstheil des Sympathicus, in welchem die Nerven für das Carotidensystem verlaufen, auf einer Seite durchschneiden. Dann überfüllt sich das ganze Carotidensystem derselben Seite mit Blut, man sieht in den Ohren im durchfallenden Lichte die Arterien stark mit Blut gefüllt neben den Venen liegen, man sieht das ganze Ohr reichlicher mit Blut gespeist als das andere, und man fühlt es auch wärmer, indem es durch das aus dem Innern des Körpers reichlicher kommende Blut mehr erwärmt wird als das andere. Dieser Zustand ist es, welchen wir mit Recht mit dem Namen der Hyperämie, des ungewöhnlichen Blutreichthums, bezeichnen. Den Gegensatz davon, die locale Anämie, können wir sogleich hervorrufen, wenn wir das peripherische Stück des durchschnittenen Sympathicus reizen. Dann ziehen sich alle Arterien zusammen, die Capillaren verarmen an Blut und die Folge davon ist auch, dass die Temperatur sinkt.

Eine andere Art der anomalen Blutvertheilung findet in der Entzündung statt. Man ist nach der hergebrachten Nomenclatur der Pathologie

gewohnt, die Hyperämie als ein Vorstadium, gewissermassen als den Anfang der Entzündung anzusehen. Das ist aber vollkommen unrichtig, denn aus einer Hyperämie wird niemals eine Entzündung. Noch Niemand hat daraus, dass er einem Thiere den Sympathicus am Halse durchschnitten und hiedurch eine locale Hyperämie hervorgebracht hat, eine Entzündung entstehen gesehen. Die Blutvertheilung in der Entzündung ist aber auch ihrem Wesen nach eine ganz andere als bei der Hyperämie. Bei der Hyperämie sind die Gefässe erweitert, und das Organ führt mehr Blut als im normalen Zustande, bei der Entzündung sind es nicht die gesammten Bestandtheile des Blutes, welche gleichmässig in der entzündeten Provinz innerhalb der Gefässe angehäuft sind, es ist vielmehr nur ein Bestandtheil des Blutes, es sind nur die Blutkörperchen, welche in den Capillaren und auch in den kleinsten Arterien und Venen angehäuft sind; Blutplasma ist sogar in den Gefässen der entzündeten Provinz weniger enthalten als im normalen Zustande, weil eben die kleinen Gefässe mit Blutkörperchen vollgestopft sind, welche auch denjenigen Raum einnehmen, den normaler Weise das Plasma einnimmt. Bei der vollkommen ausgebildeten Entzündung, bei der Stase, bei der die Blutkörperchen in den Gefässen fest zusammengedrängt sind und ihre Bewegung vollständig stockt, stopfen sich manchmal die Arterien bis zu einer nicht unbeträchtlichen Höhe mit Blutkörperchen voll, so dass man nach dem Tode noch die eigentliche Entzündungsröthe von der sogenannten Leichenhypostase, von der Gefässfülle, die dadurch entsteht, dass das Blut nach den Gesetzen der Schwere einen Theil der Gefässe vorzugsweise anfüllt, dadurch unterscheiden kann, dass man in der entzündeten Provinz neben den mit Blutkörperchen angefüllten kleinen Venen auch die in ähnlicher Weise mit Blutkörperchen angefüllten kleinen Arterien sieht, und dass die Blutkörperchen in dieselben fest eingestopft, in denselben nicht verschiebbar sind. Die Entzündung kommt auch in ganz anderer Weise zu Stande als die Hyperämie. Es entsteht zuerst, nachdem für kurze Zeit der Kreislauf beschleunigt gewesen ist, eine Verlangsamung desselben in der Partie, welche der Entzündung entgegengeht, in einzelnen kleinen Gefässen sogar eine rückgängige Bewegung, dabei häufen sich die Blutkörperchen immer mehr an; während sich eine oder mehrere zuführende kleine Arterien eine Strecke lang verengert haben, erweitern sich unter der Anfüllung mit Blutkörperchen die Capillaren und die Venen, und endlich tritt Stillstand ein. Es ist weiter bekannt, dass sich die Wandungen der kleinsten Gefässe verändern, und dass nicht allein Plasma in grösserer Menge austritt, sondern auch Blutkörperchen, namentlich farblose, dieselben durchwandern und nun ausserhalb der Gefässe als Eiterkörperchen auftreten. Endlich verlieren die in den Gefässen angehäuften Blutkörper ihre Contouren, sie fliessen für das Auge zu einer rothen Masse zusammen, im weiteren Verlaufe infiltrirt sich der Farbstoff in das umgebende Gewebe, und wenn sich die Circulation nicht wieder herstellt, so erfolgt der Uebergang in Brand, das heisst in Tod und Zerstörung der Gewebe der entzündeten Provinz. Wenn sich die Circulation wieder herstellt, so setzen sich zuerst an der Grenze der entzündeten Provinz die Blutkörperchen in den kleinen Gefässen wieder in Bewegung, indem bald an der einen Stelle, bald an der andern eine Partie von Blutkörperchen

plötzlich herausgestossen wird, die Blutkörperchen sich wieder von einander trennen, und durch den vorübergehenden Blutstrom mit fortgerissen werden. Auf diese Weise frisst sich gewissermassen die Circulation nach und nach in die entzündete Partie hinein, bis sie die Stase gänzlich verzehrt hat.

Ich kann hier nicht näher auf die Theorien über das Zustandekommen der Entzündung eingehen, weil uns das zu weit auf das Feld der Pathologie führen würde, dagegen aber kann ich die Lehre von der Blutvertheilung im Körper nicht verlassen, ohne noch der Blutvertheilung in der Leiche zu gedenken.

Blutvertheilung nach dem Tode.

Das Blut vertheilt sich nach dem Tode anders, weil das Herz nicht mehr arbeitet. Die Blutvertheilung in der Ohnmacht, die Blutvertheilung, wenn das Herz schwach arbeitet, ist gewissermassen der Anfang, der Uebergang zu der Blutvertheilung nach dem Tode, wo das Herz gar nicht mehr arbeitet. Durch das Herz wird fortwährend das Blut in das Arteriensystem hineingetrieben und der Druck im Arteriensystem gesteigert. Wenn das Herz zu arbeiten aufhört, wird das Blut aus den Arterien so lange abfliessen, als der Druck in den Arterien noch grösser ist als der Druck in den Venen. Es wird nicht nur aus den Arterien, es wird auch aus den Capillaren abfliessen, da ja auch in den Capillaren der Druck während des Lebens grösser ist als in den Venen. Mit andern Worten: das Blut wird nach dem Tode aus den Arterien und den Capillaren abfliessen und sich im Venensysteme anhäufen. Hiezu kommt aber noch ein zweites Moment, das schon Tiedemann bekannt war, der Umstand, dass einige Zeit nach dem Tode die Arterien enger gefunden werden, als man sie später, eine längere Zeit nach dem Tode, findet. Die organischen Muskelfasern der Media ziehen sich vor oder während des Absterbens zusammen, und dadurch werden die Arterien, namentlich die mittleren und die kleineren, sehr stark verengert, später aber lässt diese Verengerung wieder etwas nach. Durch diese Verengerung wird ein Theil des Blutes, welches noch darin enthalten war, wiederum in das Venensystem hineingetrieben, und daher rührt es, dass die Arterien, namentlich die mittleren und kleineren, relativ so blutleer gefunden werden. Sie werden so leer von Blut gefunden, dass bekanntlich die ältesten Anatomen, die den Blutgefässen ihren Namen gaben, den Namen der Arterien aus der Idee ableiteten, dass dieselben gar kein Blut, sondern dass sie Luft führten. Auch die grösseren Arterien sind relativ leer, relativ zu ihrer Füllung im Leben. Die Verengerung, so weit sie von den elastischen Elementen herrührt, bleibt und äussert sich zum Theil auch darin, dass manche grössere Arterien, nachdem sie sich elastisch auch der Länge nach zusammengezogen haben, in Folge der Art ihrer Befestigung an die Umgebung und in Folge ihrer Uebergänge und Durchgänge bandartig abgeplattet sind. Wenn nun solche Arterien durchschnitten werden, so verkürzen sie sich und werden dabei durch ihre elastischen Kräfte wieder zur drehrunden Gestalt zurückgeführt. Nur genügt ihr spärlicher Inhalt nicht mehr, um das Lumen zu erfüllen. Dasselbe erscheint deshalb als leer

das heisst als mit Luft gefüllt. Wirklich leer sind aber die Arterien post mortem nicht. Namentlich an den grösseren Arterien kann man sich durch die dort vorhandenen Gerinnsel leicht überzeugen, dass dieselben sich keineswegs vollständig entleert haben, und auch von den mittleren und kleinen Arterien wird nur ein Theil vollständig leer gefunden, die Arterien, die so liegen, dass sie sich bei der Verkürzung, welche sie durch ihre Elasticität, wenn der Druck von innen her aufhört, erleiden, platt, bandartig angespannt und so ihr Lumen nahezu auf Null reducirt haben. Einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Blutvertheilung in der Leiche hat begreiflich auch die Schwere, indem das Blut aus den höher liegenden Gefässen in die tiefer liegenden abfliesst. Hierdurch wird die Blutüberfüllung derjenigen Theile, die am tiefsten liegen, hervorgerufen, die sogenannte Leichenhypostase.

Die Lymphe.

Es gab eine Zeit, in welcher man die Lymphe für ein Colliquament der Organe hielt. Es hing das mit den damaligen Vorstellungen vom Stoffwechsel zusammen. Man glaubte, dass sich aus dem Blute, welches die Organe durchströmt, die Substanzen ansetzen, sich in die Organe hineinbilden, dort eine Zeit lang dienstbar sind, und, wenn sie unbrauchbar geworden, sich wieder verflüssigen und nun durch die Lymphgefässe fortgeführt werden. Es ist dies eine Ansicht, die wir heutzutage verlassen haben. Wir wissen, dass die Lymphe ihrer Hauptmasse nach der Rest des Blutplasmas ist, welches zur Irrigation der Organe, der Gewebe gedient hat. Die eigentliche Ernährungsflüssigkeit für die Organe, für die Gewebe ist das Blutplasma, welches unter dem Blutdruck fort und fort durch die Wandungen der Capillargefässe hindurchgeht. Dieses durchtränkt die Organe, und der Ueberschuss wird von einem Röhrensystem, welches überall in die Organe hineingelegt ist, zurückgeführt, und dieses Röhrensystem, dieses Drainagesystem, wenn ich mich so ausdrücken soll, ist das Lymphgefässsystem. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, dass auch Producte des Zerfalles mit fortgeführt werden, die so wieder ins Blut gelangen und endlich ausgeschieden werden.

Es gibt also für das Blutplasma zweierlei Wege: der eine ist der Weg in geschlossenen Bahnen, der Weg von den Arterien durch die Capillaren in die Venen hinein, und der andere ist der Umweg durch die Gewebe, indem ein Theil des Plasmas durch die Wandungen der Gefässe hindurchgepresst wird, dann durch einen langsamen Filtrationsprocess als Gewebsflüssigkeit durch die Gewebe hindurchgeht, bis er mittelst des Lymphgefässsystems wieder in die Venen zurückkehrt.

Die Flüssigkeit der Lymphe, das Plasma der Lymphe, enthält deshalb auch alle wesentlichen Bestandtheile des Blutplasmas, es ist nur quantitativ etwas anders zusammengesetzt. Es ist ärmer an Eiweisskörpern, weil ein Theil der Eiweisskörper in den Organen verbraucht worden ist: es ist ferner die Lymphflüssigkeit relativ reicher an Wasser und an Salzen, und dann lehrt die Erfahrung, dass die Lymphe in der Regel stärker alkalisch reagirt als das Blutplasma. Die Lymphe scheidet beim Gerinnen auch weniger Fibrin aus als das Blutplasma, sie zeigt auch weniger Neigung zum Gerinnen, so dass sie in der Regel in den

Lymphgefässen flüssig bleibt und erst, wenn sie aus diesen herausgenommen wird, an der atmosphärischen Luft, langsam gerinnt. Es hängt dies wohl einerseits zusammen mit ihrer starken Alkalescenz, andererseits auch mit ihrem Mangel an rothen Blutkörperchen. Denn, wenn man der herausgenommenen Lymphe eine ganz kleine Portion Blut, auch defibrinirtes Blut, hinzusetzt, so gerinnt sie in kürzerer Zeit.

Die geformten Elemente der Lymphe sind die Lymphkörperchen, welche wir bereits im Blute unter dem Namen der farblosen Blutkörperchen kennen gelernt haben. Sie werden in den Lymphdrüsen gebildet, und die Art, wie dies geschieht, werden wir bei den Lymphdrüsen näher kennen lernen. Die Lymphkörperchen selbst sind amoeboide Zellen und haben als solche keine bestimmte Gestalt, indem sie vermöge der Contractilität ihres Protoplasmas ihre Gestalt fortwährend ändern, Fortsätze ausstrecken, dieselben wieder einziehen u. s. w. Sie haben meistens keine einzelnen Kerne, sondern statt dessen einen Kernhaufen, der aus drei, zwei, auch vier Kernen besteht. Das Protoplasma zeigt sich in der Regel mehr oder weniger körnig, aber es ist im einzelnen Falle schwer zu sagen, was von diesen Körnern dem Lymphkörperchen von Hause aus angehört, und was etwa aufgenommen ist. Durch einen ähnlichen Process, wie der, durch den sich die Amöben ernähren, nehmen auch die Lymphkörperchen von ihrer äusseren Oberfläche andere kleinere Körperchen, namentlich Fetttröpfchen auf, dann auch, wenn man ihnen dieselben darbietet, andere kleine Körnchen, welche ihnen nicht zur Nahrung dienen können, z. B. Zinnoberkörnchen. Sie sind im Blute normaler Weise in sehr viel geringerer Menge enthalten als die rothen Blutkörperchen. Krankhafter Weise kann sich aber, wie dies theils bei Milztumor, theils bei Hypertrophie der Lymphdrüsen geschieht, das Verhältniss umkehren, so dass die weissen Blutkörperchen in der Majorität, die rothen Blutkörperchen in der Minorität sind. Das ist dann der Zustand, welchen man mit dem Namen des weissen Blutes bezeichnet. Sie sind beim Menschen und bei den Säugethieren grösser als die rothen Blutkörperchen. Bei den Thieren, die elliptische, kernhaltige Blutkörperchen haben, bei den Vögeln, bei den Reptilien und Amphibien und bei den Fischen, sind sie kleiner als die rothen Blutkörperchen. Ihr Verhältniss zu den rothen Blutkörperchen ist noch nicht festgestellt. Man hat freilich angenommen, dass sie sich durch eine Metamorphose in rothe Blutkörperchen umwandeln, oder, wie andere wollen, dass sie rothe Blutkörperchen in sich erzeugen: es sind dies aber Angaben, für welche bis jetzt noch kein Beweis vorliegt.

Die Lymphgefässe.

Die Lymphgefässe bilden ein verzweigtes, in seinen einzelnen Theilen zum Theil netzartig mit einander verbundenes Röhrensystem, welches überall in die Organe eingelagert ist, und welches sich vor allen andern Gefässen auszeichnet durch die grosse Anzahl von Klappen, welche jede rückgängige Bewegung hindern. Die Klappen sind Taschenventile, die aus je zwei Taschen bestehen, ganz so wie bei den Venen; aber sie stehen ausserordentlich viel dichter als in diesen, so dass, wenn ein Lymphgefäss stark angefüllt ist, wenn sich die Lymphe darin stauet, dasselbe varicös,

knotig erscheint, weil die Lymphe die Taschen ausbaucht, und die Taschen so dicht aneinanderliegen, dass das ganze Gefäss ein perlschnurartiges Ansehen bekommt. Man kann an den Lymphgefässen von mittlerem Durchmesser, wie an den Arterien und an den Venen, drei Häute unterscheiden, eine Tunica intima, eine Tunica media und eine Tunica adventitia. Die Intima besteht zunächst aus einem Epithel, das dem Epithel der Blutgefässe insofern ähnlich ist, als es auch ein einfaches Pflasterepithel ist. Es unterscheidet sich aber von dem Epithel aller Blutgefässe dadurch, dass die Kerne weniger abgeplattet sind, dass sie ellipsoidisch sind und deshalb stärker gegen das Lumen des Gefässes hervorragen, als dies bei den Blutgefässen der Fall ist; auch sind die einzelnen Zellen nicht so wie bei den Blutgefässen in die Länge gezogen. Auf dieses Epithel folgt eine elastische Längsfaserhaut, die der elastischen Intima der Blutgefässe entspricht, und bei den grösseren Lymphgefässen auch längsverlaufendes Bindegewebe. Dann kommt die Media mit Ringmuskelfasern und dazwischen eingewebten elastischen Fasern. Dann kommt die Adventitia, welche aus Bindegewebe besteht, ausserdem aber auch Längsmuskelfasern enthält, die aber nicht immer genau der Länge nach gehen, sondern mehr oder weniger schief gerichtet sind. Wenn man bis zu den grössten Lymphgefässen, bis zum Ductus thoracicus hinaufsteigt, so hat man erst ein Epithelium, dann eine elastische Intima, nicht nur aus Fasernetzen, sondern auch aus elastischen Platten bestehend, dann eine Schicht von Bindegewebe, dann kommt die Media mit ihren Ringmuskeln und mit ihrem elastischen Gewebe, und endlich eine sehr starke Adventitia aus Bindegewebe, in welcher aber ganze Bündel von im Allgemeinen längsverlaufenden Muskelfasern enthalten sind, die unter einander rhombische Maschen bilden. Wenn man die Gefässe gegen ihre feineren Verzweigungen hin verfolgt, gegen ihre mikroskopischen Enden, so werden die Häute erst im Allgemeinen dünner und dann verschwinden die Muskelfasern aus der Media. Man hat dann noch ein Epithelium, ausserdem noch eine Schicht von Bindegewebe und spärlichen elastischen Fasern, aber auch noch Längsmuskelfasern. Die Längsmuskelfasern der Adventitia gehen weiter auf die feinen Zweige hinauf als die Ringmuskelfasern der Media. Endlich verschwinden auch sie, und man hat jetzt nur noch Bindegewebe, das eine Röhre bildet, eben das Lumen des Gefässes, dessen innere Seite noch mit einem Epithel ausgekleidet ist. Man ist sich nicht überall darüber einig, wie weit denn überhaupt eigentlich die Wandungen der Lymphgefässe reichen. Wir werden auf diesen Gegenstand noch zurückkommen, wenn wir von den Anfängen der Lymphgefässe sprechen. Es ist eine allgemeine Frage, in wie weit man überhaupt einem Kanal oder einem Gefässe noch eine Wand zuzuschreiben habe. Es kommt ganz darauf an, was man unter einer Wand versteht. Wenn ich einen Tunnel durch einen Berg grabe und ihn mit Mauersteinen auskleide, so ist kein Zweifel darüber, dass diese Mauersteine nun die Wand des Tunnels bilden, und als die Wand des Tunnels anzusehen sind. Ehe ich ihn aber mit Mauersteinen ausgekleidet habe, hat er auch eine Wand gehabt, das heisst eine Wand im Sinne der Begrenzung, denn sonst konnte er ja keinen Hohlraum bilden, aber das was ihn begrenzt hat, ist nicht mehr verschieden von der übrigen Substanz, von dem Gesteine, das ihn umgibt. Es ist nun eben

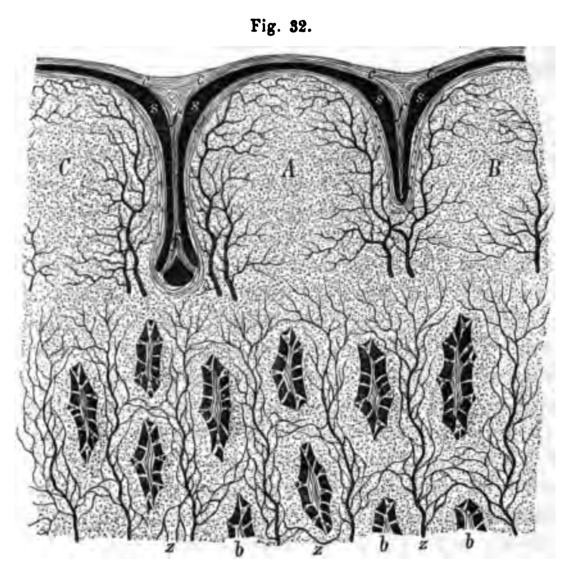
Sache der Convenienz, ob man in der Anatomie die Begrenzung eines Kanals auch dann noch eine Wand nennen will, wenn sie von dem umgebenden Gewebe nicht verschieden ist, oder ob man einen solchen Kanal im anatomischen Sinne als wandlos bezeichnen will. Es kann hiernach weiter als ein Gegenstand der Convenienz angesehen werden, ob man alle Räume, die mit einem Endothel ausgekleidet sind, blos deswegen schon als mit selbstständigen Wandungen versehen betrachten will. Die Entwicklungsgeschichte macht es einigermassen wahrscheinlich, dass diese Endothelzellen genetisch von dem umgebenden Gewebe nicht verschieden sind, sondern sich nur wegen ihrer Lage an einer Oberfläche in anderer Form entwickelt haben.

Die Lymphdrüsen.

Im Verlaufe der Lymphgefässe sind, wie Ihnen allen bekannt ist, drüsenähnliche Organe eingeschaltet, die Lymphdrüsen, die den Anatomen viel Arbeit gemacht haben, bis man endlich ihren Bau genauer kennen gelernt hat. Die Lymphdrüsen haben in der Regel eine nierenförmige oder bohnenförmige Gestalt und sind eingeschlossen von einer bindegewebigen Hülle, die reichlich mit organischen Muskelfasern, contractilen Faserzellen, durchsetzt ist, und sich nach beiden Seiten, stromaufwärts und stromabwärts, in die Wand der Lymphgefässe, zunächst in die Tunica adventitia derselben fortsetzt. Die Lymphgefässe, welche in die Drüse hineingehen, bezeichnet man mit dem Namen der Vasa inferentia, und die Lymphgefässe, welche aus der Drüse herauskommen, bezeichnet man mit dem Namen der Vasa efferentia. Die letzteren sind immer geringer an Zahl als die ersteren. Wir wollen uns nun, da die verschiedenen Lymphdrüsen zwar ihrem Wesen nach, aber nicht ihrer Form, ihrer Architektur nach, gleichgebaut sind, eine bestimmte Art von Lymphdrüsen, die Mesenterialdrüsen, als Paradigma wählen. Wenn Sie sich eine solche durchschnitten denken, so können Sie an ihr eine Corticalsubstanz und eine Medullarsubstanz unterscheiden. Sie unterscheiden beide schon an ihrer Consistenz: die Corticalsubstanz ist fester, die Marksubstanz weicher. Sie unterscheiden sie auch an ihrer Farbe: die Corticalsubstanz ist im Allgemeinen mehr weisslich, die Marksubstanz mehr grauröthlich. Sie unterscheiden sie an ihrem Gefässreichthum, indem die Corticalsubstanz an grösseren Gefässen arm ist, während die Arterien und Venen neben einander an einer meist etwas eingebuchteten Stelle, dem sogenannten Hilus, zum grössten Theile in die Marksubstanz hineintreten. Wenn Sie die Corticalsubstanz auf Durchschnitten näher ansehen, so werden Sie bemerken, dass sie aus lauter sphäroidischen, ovoidischen oder keulenförmigen, oft auch sehr unregelmässig gestalteten, zum Theil mit einander verbundenen Massen besteht, die nach aussen deutlich und scharf begrenzt sind, nach innen aber gegen die Marksubstanz keine deutliche Begrenzung, sondern einen allmäligen Uebergang zeigen. Diese Körper sind es, welche ich mit dem Namen der Drüsenelemente der Corticalsubstanz bezeichne. In der beistehenden Figur ist ein Ausschnitt aus einer Drüse dargestellt. Die Corticalsubstanz ist nach oben gewendet und in den Schnitt fallen ein ganzes, *A*, und zwe

3, *C*, Drüsenelemente. Unterhalb dieser Drüsenelemente sieht
 Marksubstanz. Wenn Sie zunächst die Corticalsubstanz ansehen,
n Sie, dass die Drüsenelemente sich an der Oberfläche markiren,
s sie nach unten hin keine deutliche Begrenzung haben, sondern
 in die Marksubstanz übergehen. Sie sehen, dass dieselben von
r durch tiefe spaltförmige Räume getrennt sind, und dass in diese
Fortsätze *ff* hinabgehen, welche von der muskulösen Hülle der
lrüsen aus- und sich in der festigen. Diese ze enthalten Muskelfasern, nn sich diese n in der Hülle den Fortsätzen enziehen, so ie Hülle, *c c*, rgezogen, zu- gezogen auf pe dieser Drü- ente, und die *s s*, welche Sie n beiden sehen, inden. Wenn die Muskeln achlassen, wer- se Räume wie- rgestellt. Auf

Fig. 32.



Veise wird an der Oberfläche der Drüsen ein Sinussystem ge- welches die oberflächlichen Lymphbahnen darstellt. Die Lymphe aus den Vasa inferentia in die Vasa efferentia auf zweierlei erstens durch diese Sinus und zweitens durch die Wege in der bstanz, welche wir später kennen lernen werden. Die oberfläch- Lymphbahnen sind, wie gesagt, nicht zu allen Zeiten offen, sie r offen, so lange eben die erwähnten Muskelfasern erschlafft sind. nen das besonders schön an Thieren sehen, welche sich in der ion befinden, und welche einen fettreichen Chylus resorbiren. fettreiche Chylus ist milchweiss, während die Elemente der substanz mehr durchscheinend sind. Wenn Sie eine solche Drüse , so bemerken Sie an der Oberfläche lauter kleine, runde, durch- nde Flecke, und zwischen denselben sehen Sie, wie milchweisse ein Netz bilden, so dass darin die durchscheinenden Gebilde wie Perlen in weisser Fassung liegen. Diese durchscheinenden, perl- Punkte sind die Drüsenelemente, und die milchweissen Striche, schen ihnen hindurchgehen, rühren vom Chylus her, der sich in us befindet. Wenn Sie nun durch eine solche Drüse die Schläge Magnetelectromotors hindurchleiten, dann finden Sie, dass der die weisse Substanz, gänzlich verschwindet, und dass die Drüse, iher auf der Oberfläche glatt und glänzend war, rauh wird, kleine Höcker bekommt, was eben darauf beruht, dass die Hülle

zusammengezogen und an den Stellen der Sinus hineingezogen, und dadurch zugleich der Chylus aus den Sinus herausgetrieben wird.

Was nun die Substanz der Drüsenelemente anlangt, so bestehen sie aus einem zarten Bindegewebe, welches zugleich ein Keimlager für lymphoide Zellen ist. Es findet sich darin eine grosse Menge von Kernen, in der Mitte die kleinsten, nach dem Rande hin die grösseren, zum Theil auch schon mit kleinen Mengen von Protoplasma, aber immer mit geringer Entwicklung desselben. Von den Blutgefässen verlaufen die grösseren nahe der Oberfläche und senden ihre feinsten Aeste und Capillaren in das Innere.

Wenn Sie nun von einem solchen Drüsenelemente nach innen zu gegen das Centrum der Drüse hin fortschreiten, so werden die lymphoiden Zellen immer grösser, sie bekommen immer mehr Protoplasma, kurz sie machen immer mehr den Eindruck einer nackten Zelle, die sich ihrer Reife nähert. Sie liegen dabei zuletzt nicht mehr so gedrängt in einem Stroma von Bindegewebe, sondern dieses wandelt sich in ein eigenthümliches Gerüste um, das Sie sich in seiner Gestalt vorstellen können, wenn Sie sich denken, dass Sie die Zwischenräume eines Kugelhaufens mit Masse ausgössen, und wenn Sie sich dann die Kugeln herausgenommen, und an Stelle derselben die lymphoiden Zellen hineingelegt denken. Nur müssen Sie sich dieses Gerüste selbst noch wieder hohl denken, Sie müssen sich denken, dass in die Substanz desselben noch sinuöse Gänge hineingehen, so dass die Zellen wie von äusserlich mit einander verwachsenen Kapseln eingeschlossen sind; diese sind aber wiederum in ihrer Substanz mehrfach durchbrochen, so dass sie zum grossen Theile nur Maschenräume bilden, in denen die Zellen einlogirt sind. Von den Gängen werden wir später mehr sprechen.

Aus dieser Substanz, die ich Ihnen hier beschrieben habe, aus Zellen, aus einem Gerüste, in dem diese Zellen liegen, ferner aus den Blutgefässen, durch welche dieses Gerüst ernährt wird, besteht nun der Hauptmasse nach die Marksubstanz. Diese Formation ist in Gestalt eines Netzwerks von vielfach mit einander verbundenen Balken angeordnet, und man nennt diese Balken (Fig. 32 *z*, *z*) wegen der grossen Menge von Zellen, welche sie enthalten, die Zellenbalken. Zwischen diesen Balken müssen natürlich Räume bleiben, die ein Labyrinth von Gängen darstellen, und diese Räume sind es, durch welche die Lymphe aus den Vasa inferentia in die Vasa efferentia hinüberfliesst und ausschliesslich hinüberfliesst, wenn die oberflächlichen Lymphwege durch Contraction der Muskelfasern der Kapsel gesperrt sind; es sind die Lymphwege der Marksubstanz. Aber sie sind nicht völlig frei, sondern in denselben befinden sich ziemlich starke Stränge von festerem Bindegewebe *b b*, die für sich auch eine Formation von Balken bilden, und die man deshalb die Bindegewebsbalken nennt. Sie unterscheiden sich von den Zellenbalken erstens dadurch, dass sie sehr viel dünner und meist abgeflacht sind, zweitens unterscheiden sie sich durch ihre Armuth an feineren Blutgefässen: sie enthalten theils gar keine Gefässe, theils ein einzelnes grösseres, das dann meist gegen die Corticalsubstanz hinzieht, um sich dort capillar zu verzweigen; endlich drittens durch ihre Armuth an zelligen Elementen, indem sie nur solche enthalten, wie sie unter dem Namen der Bindegewebskörperchen in allem Bindegewebe vorkommen.

Diese Bindegewebsbalken sind mit den Zellenbalken durch netzartiges Bindegewebe verbunden, welches seine Fasern von Zellenbalken zu Bindegewebsbalken, und von Bindegewebsbalken zu Zellenbalken hinüberspannt, und ein zierliches Netzwerk in den tiefen Lymphbahnen, wie es die Fig. 32 zeigt, bildet. (In Fig. 32 ist die Strombahn der Lymphe ebenso wie die des Blutes überall schwarz gehalten, und die Netze und ihre Fäden grenzen sich weiss in der schwarzen Strombahn ab.) Diese Architektur hat einen wesentlichen Nutzen für die Integrität der Lymphdrüsen; denn Sie sehen leicht ein, dass bei Stauungen diese von sehr weichen Wänden umgebenen und unregelmässig gestalteten Lymphbahnen sackartige Ausdehnungen bekommen würden, wenn sie nicht irgend welchen Halt in sich selbst hätten. Diesen Halt bekommen sie eben dadurch, dass in ihrem Innern diese kleinen Stränge von netzförmigem Bindegewebe von einer Wand zur andern hinübergehen.

Die Lymphe, welche durch die tiefen Lymphbahnen ihren Weg nimmt, passirt also kein freies Röhrensystem, sondern ein System von labyrinthartig verzweigten Räumen, in welchen überall Netze gespannt sind, durch deren Maschen sich die Lymphe hindurchdrängen muss, um in die Vasa efferentia zu gelangen.

Von den tiefen Lymphwegen aus gehen ferner in die Zellenbalken feine Gänge hinein. Ich habe vorhin gesagt, dass Sie das Gerüst der Zellenbalken sich vorstellen können als dadurch entstanden, dass die Zwischenräume eines Kugelhaufens ausgegossen sind, dass Sie sich dieses Gerüst aber selbst wieder als hohl denken müssen, so dass also jede Zelle, welche in einem solchen Raume liegt, von einer eigenen, wenn auch nicht immer vollständigen Kapsel umgeben ist, und die Kapseln wieder äusserlich mit einander theilweise verwachsen sind. Diese Hohlräume in dem Gerüste communiciren nun mit den tiefen Lymphwegen, indem sie von allen Seiten als feine, unregelmässige Gänge in dieselben ausmünden. Diese Gänge sind also auch während des Lebens mit Lymphe gefüllt, es gehen keine Lymphkörperchen hinein, weil sie dazu zu eng sind, aber es geht die Lymphflüssigkeit, das Plasma der Lymphe hinein. Diese Gänge sind zuerst nach einer Lymphdrüse, welche C. Ludwig von den Vasa inferentia aus mit löslichem Berlinerblau injicirt hatte, von Kowalewski beschrieben worden, und sie führen nach ihm den Namen der Kowalewski'schen Gänge.

Entwickelung der Lymphkörperchen.

Die Lymphkörperchen entstehen in den Lymphdrüsen. Dafür kann man einen einfachen und sehr schlagenden Beweis liefern. Bei den reissenden Thieren sind alle Lymphdrüsen des Mesenteriums in eine grosse Lymphdrüse gesammelt, in das sogenannte Pankreas Asellii, die halbmondförmig an der Wurzel des Mesenteriums liegt. Wenn man nun Lymphe aus den Lymphgefässen des Mesenteriums nimmt, welche in die Drüse hineingehen, so findet man in dieser Lymphe fast gar keine Lymphkörperchen. Es ist gut, das Thier — man wählt am liebsten eine Katze — mit möglichst fettfreiem Fleische zu füttern, weil dann der Chylus der Vasa inferentia klar, wasserhell ist. Wenn man nun zu derselben Zeit den Chylus der Vasa efferentia untersucht, so findet man,

dass er trübe ist, dass er opalisirt, und unter dem Mikroskope sieht man, dass dies nur herrührt von einer sehr grossen Menge von Lymphkörperchen, die darin enthalten sind. Wenn also die Vasa inferentia diese Lymphkörperchen nicht enthalten, so müssen sie offenbar aus der Drüse gekommen sein. Wir sind auch nicht in Verlegenheit zu sagen, woher sie kommen: denn wenn wir die ganzen Zellenmassen, von den Drüsenelementen der Corticalsubstanz an bis an die Oberfläche der einzelnen Zellenbalken hin, betrachten, so finden wir lauter lymphoide Zellen, von ihrem ersten Anfange an als ein kleines Körnchen, bis zu ihrer vollständigen Ausbildung mit einem vollkommen entwickelten Protoplasmaleibe, und diese am meisten entwickelten Zellen liegen an der Oberfläche der Zellenbalken und begrenzen unmittelbar die tiefen Lymphbahnen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass diese Zellen hier, nachdem sie ihre volle Reife erlangt haben, abfallen, dass sie vom Strome der Lymphe fortgespült und nunmehr in den Vasa efferentia als Lymphkörperchen gefunden werden.

Man findet, wenn auch nicht viele, so doch einzelne Lymphkörperchen auch in Lymphgefässen, welche noch keine solche Lymphdrüse passirt haben. Es führt uns dies darauf, dass es noch eine andere Art von Lymphdrüsen gibt als diejenigen, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben. Diejenigen, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben, waren die intercalirten Lymphdrüsen, die in den Verlauf der Lymphgefässe eingeschaltet sind, und die deshalb Vasa inferentia und Vasa efferentia haben. Es gibt aber noch eine andere Art von Lymphdrüsen, welche wir mit dem Namen der peripheren oder terminalen Lymphdrüsen bezeichnen, die keine Vasa inferentia haben, aber ganz analoge Keimstätten für die Lymphkörperchen, wie die in den Verlauf der Lymphgefässe eingeschalteten Lymphdrüsen zeigen. Die ersten dieser Gebilde, welche als Lymphdrüsen erkannt wurden, waren die Peyer'schen Drüsen, und ich will deshalb diese auch als Paradigma wählen, um Ihnen zu zeigen, wie der Bau dieser Gebilde mit dem der Lymphdrüsen zusammenhängt, und wie er auf den Bau der Lymphdrüsen zurückgeführt werden kann. Die Peyer'schen Drüsen bestehen aus einem Haufen von einzelnen Elementen, welche, wie Sie wissen, zu sogenannten Plaques neben einander gelagert sind. Wenn man durch eine solche Plaque einen Durchschnitt macht, so findet man, dass sie aus lauter ovoiden Körpern besteht, die mit ihrer breiteren Seite gegen die Muskelhaut gewendet sind, mit ihrem Körper im submucösen Bindegewebe liegen und mit ihrem verdünnten Kopfende gegen die Höhle des Darmes hin und zwischen den Darmzotten hervorragen. Sie entsprechen einem einzelnen Drüsenelemente der Corticalsubstanz einer Mesenterialdrüse, sie haben ein ähnliches Capillargefässsystem mit centripetal verlaufenden Maschen, sie haben ein ganz analoges Keimlager, in dessen mittlerer Partie die jüngsten Elemente liegen, welchen nach der Oberfläche hin immer weiter entwickelte Elemente folgen, und sie haben endlich an ihrer der Muskelhaut zugewendeten Seite Räume, welche den Sinus entsprechen, die die Elemente der Corticalsubstanz von der Kapsel der Lymphdrüsen trennen. Diese Sinus communiciren unmittelbar mit den Chylusgefässen. Das kann man durch ein einfaches Experiment darthun. Man bindet das untere Stück vom Dünndarm ab und spritzt in dasselbe Terpentinöl, das m

Alkanna roth gefärbt ist. Verstärkt man nun den Druck, so reisst irgendwo die Kuppe eines Peyer'schen Drüsenelementes ein, und wenn dies nicht geschieht, so drückt man eine Partie der Drüse, um zwischen den Fingern eine oder die andere Kuppe zu zersprengen. Dann tritt das mit Alkanna gefärbte Oel hinein, und man sieht ein zierliches Netzwerk von rothen Linien um die einzelnen Elemente der Peyer'schen Drüsen herum entstehen, und von diesen rothen Linien aus injiciren sich Bahnen zu den Chylusgefässen, die erst unter dem Peritonäalüberzuge des Darmes und dann im Mesenterium verlaufen. Es sind dies also terminale Lymphdrüsen, welche an den Enden der Chylusgefässe angehängt sind, und das Netz von rothen Linien, das sich im Beginn der Injection füllte, entspricht den Sinus derselben. Wir werden auch später in der Lehre von der Resorption sehen, dass die Fetttröpfchen des Chylus in einzelnen Fällen in diesen Drüsen selbst kenntlich sind.

Nun zeigt die Vergleichung des Baues dieser Drüsen mit dem der solitären Drüsen, welche durch den ganzen Dünndarm zerstreut sind, dass diese ganz dieselben Bildungen sind, und dass die Peyer'schen Drüsen von den solitären sich nur dadurch unterscheiden, dass sie in Plaques, in Haufen vereinigt, während die anderen zerstreut liegen. Also auch die solitären Drüsen sind periphere Lymphdrüsen. Wir finden dann ganz dieselben Drüsen im Processus vermiformis verhältnissmässig dicht gestellt, wir finden sie im ganzen Dickdarm zerstreut unter dem Namen der Solitärdrüsen, der Glandulae simplices majores oder, wie sie auch früher fälschlich genannt wurden, der Schleimfollikel. Wir finden endlich ähnliche Drüsen spärlich im Magen; hier führen sie den Namen der Glandulae lenticulares. Wir finden dergleichen Drüsen in den Tonsillen, wir finden sie auf einer Zone, die auf dem Grunde der Zunge quer von einer Tonsille zur andern übergeht. Diese Gebilde sind sämmtlich periphere Lymphdrüsen. Wenn man aber diese Untersuchungen am Menschen anstellt, so findet man, dass die Drüsenelemente nicht so deutlich in ihrer Form getrennt sind, wie dies bei den Peyer'schen Drüsen und bei den solitären Drüsen des Dünndarmes der Fall ist. Man kann auf den ersten Anblick im Zweifel sein, ob man es wirklich mit solchen peripherischen Lymphdrüsen zu thun habe. Wenn man aber dann die Tonsillen und den Grund der Zunge eines Schweines untersucht, so findet man hier die einzelnen Elemente auf das schönste von einander getrennt, gerade so, wie man sie im Darme als solitäre Drüsen und Peyer'sche Drüsen gefunden. Es beruht dies darauf, dass beim Schweine das Bindegewebe der Organe stark entwickelt ist, und dass in allen Theilen die bindegewebigen Scheiden, mit denen die Organe und Organtheile umgeben sind, vollständiger sind als beim Menschen. Man kann also nicht im Zweifel sein, dass auch beim Menschen diese Gebilde in den Tonsillen und am Grunde der Zunge, die sogenannten Balgdrüsen, peripherische Lymphdrüsen sind. Da aber die Masse mehr diffus verbreitet ist, weniger bestimmt in Drüsenelemente gesammelt, so hat man für diese Art von Gewebe, für diese diffus verbreiteten Keimlager, einen eigenen Namen erfunden, man bezeichnet sie mit dem Namen der adenoiden Substanz. Dergleichen adenoide Substanz findet man auch noch an anderen Orten, z. B. an der Rückwand des Rachens. Ueberall wo diese sogenannte adenoide Substanz sich findet, kann man sagen, dass

man es mit peripherischen Lymphdrüsen zu thun habe, mit Keimlagern, welche die Rolle von peripherischen Lymphdrüsen spielen, und die nur nicht so gut, so vollständig getrennt sind, wie die peripherischen Lymphdrüsen im Darme.

Lymphkörperchen also, die man in Lymphgefässen findet, welche noch keine Lymphdrüse passirt haben, können ihren Ursprung haben aus peripherischen Lymphdrüsen, wenn auch der Vegetationsprocess nicht immer ein gleich lebhafter ist, und im Allgemeinen ein viel langsamerer zu sein scheint, als in den intercalirten Lymphdrüsen, den grossen Drüsen, welche im Verlaufe der Lymphgefässe liegen; sie können aber auch noch einen andern Ursprung haben. Man hat beobachtet, dass man in manchen Lymphgefässen, welche sich im normalen Zustande äusserst arm an Lymphkörperchen erwiesen, eine grosse Menge von Lymphkörperchen findet, wenn in ihrem Quellgebiet ein Reizungs-, ein Entzündungszustand eintritt. Wir wissen, dass bei der Entzündung weisse Blutkörperchen durch die Wandungen der Blutgefässe auswandern. Diese müssen also in die interstitielle Gewebsflüssigkeit hineingelangen und können dann wieder von den Lymphgefässen aufgenommen werden. Ja bei manchen Thieren und an manchen Orten scheiden ja die Wurzeln der Lymphgefässe die kleinen Blutgefässe bis zu einer nicht unbeträchtlichen Höhe ein, so dass noch die kleinen Arterien und Venen innerhalb der Lymphgefässe liegen, und mithin das, was aus dem Blutgefässe herauskommt, direct in das Lymphgefäss hineingelangt. Hering hat diesen Uebergang direct verfolgt, er hat farblose Blutkörperchen aus einem Blutgefässe austreten, in das einscheidende Lymphgefäss eintreten und mit der Lymphe in entgegengesetzter Richtung wieder fortfliessen gesehen.

Wurzeln der Lymphgefässe.

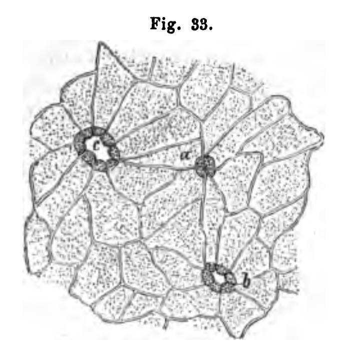
Es ist beschrieben worden, dass die Lymphgefässe mit blinden, handschuhfingerförmigen Wurzeln anfangen. Es ist auch beschrieben worden, dass sie mit geschlossenen Netzen anfangen. Es ist wahr, dass im Verlaufe des Lymphgefässsystems blinde, handschuhfingerförmige Enden vorkommen, es ist auch wahr, dass ganz am Ende und ganz peripherisch Netze vorkommen, aber diese Netze und diese blinden Anfänge sind nicht wirklich, sondern nur scheinbar geschlossen. Sie haben immer kleinere oder grössere Zugänge, von welchen aus sie gespeist werden. Es ist auch in der That schon an und für sich nicht wahrscheinlich, dass sie geschlossen seien, denn man würde dann nicht begreifen, wie die Lymphe aus den Organen in die Lymphgefässe hineinkommen soll. Wenn man ein Röhrensystem behufs der Drainage in einen Acker einlegt, so müssen die Drainageröhren immer an ihren Enden offen sein, denn sonst kann keine Flüssigkeit in dieselben hineingelangen. Gerade so ist es nothwendig, dass die Drainageröhren, welche in die Organe hineingelegt sind, Oeffnungen haben, durch welche die Flüssigkeit hineingelangt. Man hat gesagt, die Flüssigkeit solle durch die Wandungen hindurchsickern, sie soll aufgesaugt werden, wie von Capillarröhren. Man scheint eine wunderbare Vorstellung von den Capillarwirkungen zu haben, wenn man glaubt, dass durch Capillarwirkung au

den interstitiellen Gewebsräumen die Flüssigkeit in die im Verhältniss zu diesen interstitiellen Gewebsräumen weiten Lymphräume hineinsteigen sollte. Wenn man sich denkt, dass die Lymphe durch Druck in die handschuhfingerförmigen Wurzeln oder in die Endnetze hineingelange, so vergisst man dabei, dass die Wände an einander gedrückt werden würden und somit das Eintreten der Flüssigkeit hindern müssten. Es lässt sich aber auch empirisch nachweisen, direct mit den Augen verfolgen, dass diese Röhren mit offenen Enden anfangen, das heisst mit den interstitiellen Gewebsräumen in Communication stehen. Das kann man am besten am Darme verfolgen. Aus der Darmschleimhaut nehmen die Lymphgefässe nicht blos das überschüssig ausgeschiedene Blutplasma, sondern auch das, was aus der Höhle des Darms an Nahrungsstoffen resorbirt ist, den sogenannten Chylus auf. Dieser ist meistens milchweiss wegen des Fettes, welches in ihm emulgirt ist, und man kann ihn deshalb leicht auf seiner Wanderung verfolgen. Da gibt es keine Irrthümer, welche bei künstlicher Injection durch zu starken Druck oder dergleichen hervorgerufen werden, denn hier ist der Chylus in seiner natürlichen Lage, man sieht ihn in seinem natürlichen Wege und verfolgt ihn bis in die Lymphgefässe des Mesenteriums, und dabei sieht man, dass sich jede Zotte ja oft die ganze Darmschleimhaut in ihren interstitiellen Gewebsräumen mit Chylus antrinkt, so dass sie gleichsam einen Sumpf von Chylus darstellt, und dass die Chylusgefässe nun wie Abzugskanäle aus diesem Sumpfe hervorgehen und sich mit Chylus füllen. Auch hier fangen die Abzugskanäle als kolbige oder netzförmige, innere Zottenräume anscheinend geschlossen an, aber sie erhalten eben überall Zuflüsse aus dem Zottengewebe und haben auch in der übrigen Schleimhaut noch Communication mit den interstitiellen Gewebsräumen derselben, durch welche Communicationen nicht nur Flüssigkeit, sondern auch Fetttröpfchen ein- und austreten können. Es war ferner schon den älteren Anatomen bekannt, dass man manchmal bei der Einspritzung von Blutgefässen, namentlich wenn dieselbe bald nach dem Tode gemacht wird, Injectionen der Lymphgefässe bekommt, so schön, wie man sie sonst durch viele Mühe und Arbeit nicht darstellen konnte, einfach dadurch, dass sich Capillarextravasate bildeten und die Injectionsmasse, welche in das Gewebe übergetreten war, ihren Weg durch die Lymphgefässe zurückfand. Ausserdem hat Herbst schon vor längerer Zeit einen Versuch angegeben, den ich mehrmals wiederholt und immer bestätigt gefunden habe. Man injicirt einem lebenden Hunde Milch in die Jugularis, so viel er eben verträgt; man lässt sie am besten langsam durch einen Trichter einfliessen. Dann injiciren sich die Lymphgefässe überall auf das schönste mit einer weisslichen Flüssigkeit. Auf der Lunge, auf der Leber kann man die oberflächlich liegenden Stämme mit blossen Augen verfolgen, und wenn man den Inhalt der Lymphgefässe untersucht, so findet man, dass eine grosse Masse von Milchkörperchen und Blutkörperchen darin ist. Es ist also klar, dass die Wände der Capillaren nachgegeben haben, dass Milch und Blut mit einander gemischt in die interstitiellen Gewebsräume gelangt sind, und dass sie sofort vom Lymphgefässsystem zurückgeführt wurden, war wiederum darauf hinweist, dass das Lymphgefässsystem an seiner Peripherie offene Communicationen besitzt, indem nicht nur Flüssigkeit, sondern auch Milchkörperchen und

Blutkörperchen auf diesem Wege zurückgelangt sind. Dann ist es Ludwig gelungen, die Lymphgefässe des Hodens bei Hunden vom Samenstrange aus zu injiciren, und er hat hier gefunden, dass die Injectionsmasse in Räume gelangte, welche im Bindegewebe zwischen den einzelnen Samenkanälchen liegen, und in welchen sich auch die Capillargefässe befinden, die Blutcapillaren, von welchen die Samenkanälchen umsponnen sind. Es hatte also hier die directe Erfahrung gerade das gezeigt, was man erwarten musste, nämlich, dass die Quellen des Lymphgefässsystems da liegen, wo die Capillaren des Blutgefässsystems liegen. Denn die Lymphe ist ja eben das überschüssig ausgeschiedene Plasma, und folglich müssen die Lymphgefässe ihre Quellgebiete da haben, wo dieses Plasma ausgeschieden wird.

v. Recklinghausen hat in einer Reihe von Organen ein eigenes System von Kanälen, wie er sie nennt, Saftkanälchen beschrieben, kleine Räume, von denen die Gewebe durchzogen und durchgraben sind, und die im Leben theils mit Flüssigkeit gefüllt sind, theils aber auch mit den Fortsätzen von zelligen Elementen, welche noch ihre Contractilität bewahrt haben und Fortsätze in diese Räume hineinstrecken, eventuell sich auch in diesen Räumen fortbewegen. Speciell aus diesem Systeme von Saftkanälchen hat man das Lymphgefässsystem abgeleitet. Wenn auch kein Zweifel vorhanden ist, dass es mit dem Quellgebiete des Lymphsystems in Communication ist und räumlich einen Theil desselben ausmacht, so ist es doch nicht gerechtfertigt, es vor anderen interstitiellen Gewebsräumen, insonderheit vor den Räumen, welche sich den Blutcapillaren zunächst befinden, zu bevorzugen: denn die wahren Quellen des Lymphstromes sind doch nur immer da, wo sich das Material ansammelt, welches ihn speist, und dieses Material ist das ausgeschiedene Blutplasma. Man könnte freilich auch alle Räume in den Geweben und Organen, in denen das irrigirende Plasma fortsickert, und aus denen es in die Lymphgefässe gelangt, als Saftkanälchen bezeichnen, aber man würde damit kaum das Passende getroffen haben, da diese Räume nicht alle die Gestalt und Eigenschaft von Kanälen haben.

Fig. 33.



In den serösen Häuten gibt es nun auf den ersten Anblick ganz andere Lymphgefässe, oder Lymphgefässe mit einer ganz andern Art des Anfanges. Da findet man schöne Netze mit anscheinend geschlossenen Wandungen, die ein zierliches und feines Maschenwerk bilden, sowohl auf der unteren Seite des Zwerchfelles, als auf der Pleura. Auch diese Anfangsnetze der Lymphgefässe sind nur scheinbar geschlossen. Sie haben directe Communication mit den serösen Höhlen. v. Recklinghausen fand schon vor einer Reihe von Jahren, dass, wenn man einem lebenden Kaninchen Milch in die Bauchhöhle injicirt, diese nach einiger Zeit die Lymphgefässe des Zwerchfelles anfüllt. Ebenso hat man am frisch getödteten Thiere von der concaven Seite des Zwerchfells die Lymphgefässe desselben injicirt, indem man durch künstliche Respiration einen wechselnden Druck erzeugte.

Die sich hier füllenden Netze liegen unter der Oberfläche und communiciren durch eigene Oeffnungen, durch eigene Stomata, mit den serösen Höhlen. Ludwig und Schweigger-Seidel haben diese Netze mit löslichem Berlinerblau injicirt, und die Communicationen mit den serösen Höhlen auf Querschnitten dargestellt. Sehr leicht kann man sie an dem Peritoneum des Frosches auffinden. Sie sind in Fig. 33 nach Schweigger-Seidel und Dogiel von der Fläche gesehen dargestellt. Durch einen Rest von contractilem Protoplasma, das sich die sie zunächst umgebenden Zellen bewahrt haben, scheinen sie sich schliessen und öffnen zu können. In Fig. 33 zeigt *a* ein geschlossenes, *b* ein halbgeöffnetes, *c* ein ganz geöffnetes Stoma.

Ausserdem scheinen diese Netze auch mit interstitiellen Gewebsräumen zusammenzuhängen, die nur hier wegen der Festigkeit, mit der das umgebende Gewebe gefügt ist, spärlich und eng sind. Die Hauptmasse ihres Inhaltes stammt jedenfalls aus den serösen Höhlen, aus denen sie die überschüssig ausgeschiedene, ihrerseits aus den unter der Oberfläche verbreiteten Blutgefässen stammende Flüssigkeit zurückführen.

Die Triebkräfte für den Lymphstrom.

Wir haben gesehen, dass die Lymphe ihrer Hauptmasse nach der Rest des in die Gewebe ausgeschiedenen Plasmas ist. Das Blutplasma wird unter dem Drucke ausgeschieden, welcher in den Capillaren herrscht. Dieser Druck ist aber jedenfalls grösser als der Druck in den Venen, und namentlich grösser als der Druck in den Venen da ist, wo die grossen Lymphstämme, der Ductus thoracicus und der Ductus lymphaticus communis dexter in das Venensystem einmünden. Nun erreicht zwar der Druck in den Geweben nicht den, der in den Capillargefässen herrscht, denn dadurch eben, dass er geringer ist, wird ja Plasma aus den Capillaren in die interstitiellen Gewebsräume ausgeschieden, aber immerhin müssen wir annehmen, dass der Druck hier grösser sei als im Bildungswinkel der Vena anonyma dextra und sinistra, wo er zur Zeit der Inspiration so beträchtlich sinkt, und dass die Lymphe in den Lymphgefässen schon deshalb fortgetrieben wird, weil sie aus der Gegend des grösseren Druckes gegen die Gegend des geringeren Druckes hinfliesst; zweitens aber müssen alle Bewegungen, insofern sie einen wechselnden Druck auf die Lymphgefässe ausüben, mit dazu beitragen, die Lymphe in ihrer natürlichen Stromesrichtung vorwärts zu schieben, weil jede Bewegung in entgegengesetzter Richtung durch die zahlreichen Klappen gehindert ist. Insbesondere aber sind es wieder die Respirationsbewegungen, welche einen wesentlichen Werth für die Fortbewegung der Lymphe haben, indem bei der Inspiration der Druck in der Brusthöhle vermindert und der Druck in der Bauchhöhle vermehrt wird, und so die Lymphe aus den Gefässen der Unterleibshöhle in den Ductus thoracicus förmlich aufgepumpt wird. Aber auch der Einfluss der activen und passiven Bewegungen der Glieder ist stets aufs deutlichste hervorgetreten, wenn man an den grossen Lymphstämmen der Extremitäten experimentirte und die aus ihnen ausfliessende Lymphe auffing.

Man kann aber auch kaum zweifeln, dass die Contractilität der Wände der Lymphgefässe selbst mit zur Fortbewegung der Lymphe

beiträgt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Lymphe, wenn sie ein Lymphgefäss bis zu einem gewissen Grade prall anfüllt, als Reiz für die Muskelfasern in den Wänden dieses Lymphgefässes wirkt und sie zur Contraction anregt, so dass das Lymphgefäss seinen Inhalt austreibt. Nach den Beobachtungen von Arnold Heller ist die Contraction sogar eine rhythmische. Arnold Heller hat an durch Chloralhydrat betäubten Meerschweinchen, deren Mesenterium er über einen Korkring herausgelegt hatte, unter dem Mikroskope die Lymphgefässe sich im Mittel sechsmal in der Minute zusammenziehen und sich wieder erweitern gesehen. Es schritt dabei die Contraction von der Peripherie gegen das Centrum, also vom Darme gegen die Anheftungsstelle des Mesenteriums hin vorwärts, und somit in der natürlichen Richtung, in welcher die Lymphe fortbewegt wird. Lymphherzen, wie man sie bei den andern Wirbelthieren kennt, locale Pumpwerke, durch welche die Lymphe aus dem Lymphgefässsystem in das Blutgefässsystem eingepumpt wird, kennt man bis jetzt bei den Säugethieren und beim Menschen nicht.

Drüsen ohne Ausführungsgänge.

Wir haben jetzt eine Reihe von Organen zu betrachten, welche in der Anatomie mit dem Namen der Drüsen ohne Ausführungsgänge, auch mit dem der Blutgefässdrüsen belegt sind, und von denen uns einige noch nahe Beziehungen zum Lymphgefässsysteme darbieten werden. Wir wollen den Anfang machen mit der Thymus.

Die Thymus.

Die Thymus besteht aus einer grossen Menge von kleinen Läppchen, die durch Bindegewebe mit einander verbunden sind, und deren jedes insofern sein eigenes Gefässsystem hat, als in jedes eine oder mehrere kleine Arterien hineingehen, und das Blut durch eigene kleine Venen wieder herausgeführt wird. Abgesehen von den Capillaren, welche diese kleinen Arterien in die Läppchen hineinschicken, bestehen die letzteren aus einem bindegewebigen Stroma und einer grossen Menge von Zellenkeimen in verschiedenen Graden der Entwickelung zu lymphkörperähnlichen Zellen, kurz wir haben hier das vor uns, was wir mit dem Namen der adenoiden Substanz bezeichnen. Die Thymus wächst im Embryo rascher als andere Organe, sie hat aber zur Zeit der Geburt noch nicht das Maximum ihrer Grösse erreicht, indem sie während des ersten Jahres noch weiter wächst. Dann bleibt sie eine Weile stationär und geht mit dem zwölften oder dreizehnten Jahre ihre regressive Metamorphose ein. Kölliker gibt indessen an, dass er manchmal bei Individuen von zwanzig Jahren noch eine ganz succulente Thymus gefunden habe. Man beschreibt in der Thymus eine eigene Höhle, welche den Namen der Thymushöhle führt. Sie kommt aber nicht überall vor. Man kann sehr häufig die Thymus von neugeborenen Kindern durchschneiden, ohne dass man irgend etwas von dieser Thymushöhle vorfindet. Da, wo sie vorkommt, sind ihre Wände rauh und die umgebende Substanz erweicht. Sie ist eine Lücke, welche aus einem

im Innern der Thymus stattfindenden Schmelzungsprocesse hervorgegangen ist, einem Schmelzungsprocesse, mit dem die regressive Metamorphose einhergeht, welche nach und nach die ganze Substanz der Thymus aufzehrt und ein lockeres, sich später mehr verdichtendes Bindegewebe zurücklässt.

Nach ihrem mikroskopischen Baue muss man die Thymus den peripherischen oder terminalen Lymphdrüsen anreihen, indem sie ganz aus sogenannter adenoider Substanz besteht, welche aber nur während des embryonalen Lebens und während des jugendlichen Alters functionirt und später zu Grunde geht. Es treten auch beträchtliche Lymphgefässe heraus, die sich aus oberflächlich verlaufenden Aesten zusammensetzen. Die mit ihrer Lymphe austretenden Zellen sind, wie angegeben wird, im Durchschnitte etwas weniger weit entwickelt, als die aus den Lymphdrüsen kommenden. Sie gelangen wie die Lymphe, der sie angehören, nicht direct in den Ductus thoracicus, sondern erst, nachdem sie eine oder mehrere Lymphdrüsen passirt haben.

Dass eine Lymphdrüse ausschliesslich für das jugendliche Alter existire und später schwinde, hat nichts Unwahrscheinliches. Es mag in der Jugend ein grosser Bedarf an farblosen Blutkörperchen gedeckt werden müssen. Auch die übrigen Lymphdrüsen sind in der Kindheit relativ gross und im späteren Alter, im Greisenalter, nehmen sie nicht nur relativ, sondern auch absolut an Masse so bedeutend ab, dass berühmte Anatomen des vorigen Jahrhunderts noch in Zweifel sein konnten, ob nicht im höchsten Alter die Lymphdrüsen gänzlich verschwänden. Es geht dieser Process so vor sich, dass nicht mehr so viel Zellen nachgebildet werden, als fortwährend in Gestalt von Lymphkörperchen aus den Lymphdrüsen herausgeschwemmt werden, dass mithin die Zellenbalken immer kleiner und dünner, manche von ihnen ganz aufgezehrt werden, so dass nun die Anzahl der tiefen Lymphbahnen im hohen Alter geringer ist, aber die einzelnen Lymphbahnen viel breiter sind als in früheren Lebensjahren. Endlich setzt sich der Process der Atrophie oder vielmehr der mangelhaften Nachbildung auf die Elemente der Corticalsubstanz fort, so dass die ganze Lymphdrüse auf den dritten, auf den vierten Theil, ja noch weniger, ihres früheren Volums verschrumpft.

Die Milz.

Die grösste unter allen sogenannten Drüsen ohne Ausführungsgang ist die Milz. Die Milz hat eine fibröse Kapsel, welche eng mit dem Bindegewebe zusammenhängt, das in der Milz selbst verbreitet ist. Dieses Bindegewebe ist bei verschiedenen Thieren verschieden reichlich entwickelt und bildet bei manchen derselben, z. B. bei den Pferden, ein starkes Balkennetz, welches die ganze Milz durchsetzt, und welches überall an seinen Enden mit der fibrösen Kapsel in Verbindung steht. In diesem Balkenwerk verlaufen die grossen Stämme der Gefässe und auch die Nerven, und ausserdem enthält dieses Balkenwerk reichliche, zum grossen Theil gesammelt in starken Bündeln, als Muskelbalken, auftretende organische Muskelfasern, vermöge welcher sich die Milz zusammenziehen kann. Es wird dabei der grösste Theil des in ihr

enthaltenen Blutes ausgetrieben, während sie wiederum, wenn die Muskelfasern erschlaffen, eine grosse Menge von Blut aufnimmt. Damit hängt die sehr variable Grösse der Milz zusammen. Man kann die Contractilität der Milz direct untersuchen, indem man einen Hund mit Opium narkotisirt, ihm einen Schnitt in die Bauchdecken macht und die Milz zu Tage legt. Anfangs zieht sie sich gewöhnlich auf den Reiz der atmosphärischen Luft zusammen, wenn man aber dann eine Zeit lang wartet, so vergrössert sie sich wieder, ihre Oberfläche wird glatt und glänzend, und ihre Farbe wird tief dunkelroth. Wenn man nun die einander bis auf etwa fünf Millimeter genäherten Electroden eines Neef'schen Magnetelectromotors auf eine Stelle der Milz aufsetzt, so entsteht an dieser eine Grube, und die Stelle erblasst, indem hier eine locale Contraction entsteht, vermöge welcher das Blut ausgetrieben wird. Ja man kann auf einer solchen Milz förmlich schreiben, man kann mit den nahe aneinanderstehenden Electroden langsam Linien ziehen, und es bilden sich Furchen und blasse Streifen in der Richtung, in welcher man die Linien gezogen hat. Weniger gut ist die Contractilität an der Menschenmilz nachgewiesen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch in der Menschenmilz Muskelfasern enthalten sind, denn es verzweigen sich ja in ihr zahlreiche Blutgefässe, und die Blutgefässe als solche enthalten schon in ihren Wandungen Muskelfasern. Aber das Balkenwerk ist in der Milz des Menschen bei Weitem nicht so entwickelt, als dies bei Hunden, Pferden und Schweinen der Fall ist, und man hat auch keine so gute Gelegenheit, sich an der Leiche von der Contractilität derselben zu überzeugen. Die einzigen Leichen, welche sich zu solchen Untersuchungen eignen, weil man sie früh genug bekommt und früh genug öffnen darf, sind die Leichen von Geköpften. Diese haben aber immer eine so grosse Menge von Blut verloren, dass an und für sich die Milz schon sehr zusammengefallen ist, so dass man Contractionen an derselben nicht mehr mit der Deutlichkeit wahrnimmt, mit welcher man sie an den blutreichen Milzen lebender Thiere beobachten kann. Es sind deshalb die Versuche an Hingerichteten mit ungleichmässigen Resultaten angestellt worden; die Einen geben an, sie hätten Contractionen in der Milz gesehen, die Andern geben an, sie hätten keine gesehen. Die aber, welche angeben, sie hätten Contractionen bemerkt, beschreiben sie so, dass man sagen muss, dass die Erscheinungen im Wesentlichen mit denjenigen übereinstimmen, welche man an der Hundemilz gesehen hat. Auch haben Botkin und seine Schüler Verkleinerung vergrösserter Menschenmilzen an Lebenden mittelst Percussion beobachtet als directe Folge einer Reihe von Inductionsschlägen, welche durch die Haut zugeleitet wurden. Man hat deshalb keinen Grund, an der Contractilität der Menschenmilz zu zweifeln, wenn auch die Contractionen nicht mit solcher Kraft erfolgen können, weil das muskulöse Balkengewebe nicht so entwickelt ist, wie beim Hunde und Pferde.

In das Balkengewebe treten nun, wie wir gesehen haben, die Aeste der grossen Blutgefässe ein. Die Arterien verzweigen sich im Ganzen baumförmig, dann aber fangen sie auch an zahlreiche Aeste unter spitzen Winkeln zu treiben, so dass sie mehr pinselartig verzweigt erscheinen. Zwischen ihren kleineren Aesten und an ihren kleineren Aesten hängen eigenthümliche Bildungen, die wir mit dem Namen der Malpighi'schen

Körperchen bezeichnen. Diese sind Keimlager, ähnlich wie wir sie in der Corticalsubstanz der intercalirten Lymphdrüsen und in den terminalen Lymphdrüsen finden, nur sind sie ärmer an Blutgefässen. Die Menge der Capillaren, die in sie hineingeht, ist nicht so gross wie in den Solitärdrüsen, wie in den Elementen der Peyer'schen Plaques und der Corticalsubstanz der Lymphdrüsen. Im Uebrigen aber haben sie wie diese ein zartes Bindegewebsstroma und bilden ein Nest von lymphoiden Zellenkeimen in verschiedenen Entwickelungsstadien. Sie sind mit einer mehr oder weniger vollkommenen Bindegewebskapsel umgeben. Beim Schweine ist wiederum diese Bindegewebskapsel sehr vollständig entwickelt, und darum lassen sich diese kleinen Körperchen am Schweine am besten untersuchen. Wenn man die Milz eines Schweines, nachdem man die Kapsel abgezogen hat, unter Wasser zerdrückt und ausschwemmt, so schwemmt man eine weiche Substanz heraus, welche unter dem Namen der Milzpulpe bekannt ist, und behält nun das Balkengewebe mit den Arterien und Venen zurück, und da sieht man an den kleinen Arterien, wie Beeren an Stielen, kleine runde Körperchen hängen, welche unter dem Mikroskope sich als die Malpighi'schen Körperchen erweisen. Manchmal umgibt das Körperchen das ganze Gefäss, so dass es von der kleinen Arterie durchbohrt wird: manchmal sitzt es auch gerade an oder in einer gabligen Theilung der Arterie, manchmal umgiebt es die Theilungsstelle. Beim Menschen lassen sich für die Beobachtung mit der Lupe und im auffallenden Lichte die Malpighi'schen Körperchen nicht so gut wie aus der Schweinemilz darstellen, weil sie durch die Kapsel weniger gut gegen die umgebende Substanz abgegrenzt sind, so dass sie beim Zerdrücken und beim Auswaschen der Milz unter Wasser häufig zerfallen, wenigstens nicht mit so bestimmten Begrenzungen erscheinen, wie dies bei der Schweinemilz der Fall ist.

Bei diesem Auswaschen der Schweinemilz unter Wasser haben wir zwei durch ihre Consistenz sehr verschiedene Substanzen unterschieden, wir haben sie durch einen ziemlich rohen Process von einander getrennt, nämlich einerseits das Balkengewebe mit den Gefässen und den Malpighi'schen Körperchen, und andererseits die sogenannte Pulpa lienis, welche wir zerquetscht und ausgewaschen haben. Was ist nun diese Pulpa lienis? Sie ist, abgesehen von ihren Gefässen, eine sehr weiche, sehr zerreibliche adenoide Substanz, das heisst, sie besteht aus lymphoiden Zellen, aus nackten Zellen in allen möglichen Stadien der Entwickelung, welche in ein sehr lockeres Stroma eingeschlossen sind. Dieses Gewebe füllt den ganzen Raum zwischen den Balken und den Malpighi'schen Körperchen aus.

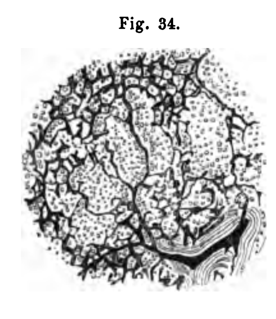
Ein sehr eigenthümliches Verhalten zeigen die Blutgefässe in dieser Pulpa lienis, die in einem von Billroth zuerst beschriebenen Netzwerke oder Fachwerke, das dicht mit lymphoiden Zellen gefüllt ist, ihre Stütze findet. Nachdem die Arterien capillar zerfallen sind, verbreiten sich diese Capillaren zunächst mit ihrem ganz gewöhnlichen Charakter, als Capillaren, die mit besonderen Wänden versehen sind, sowohl in dem Gewebe der Balken, als auch in den Malpighi'schen Körperchen. Von da ab treten sie aber in die Pulpa lienis über, und in dieser nehmen ihre Wände einen ganz eigenthümlichen Charakter an, oder richtiger gesagt, ihre Wände hören im stricten Sinne des Wortes auf zu existiren, indem

sich die Gefässe in eine Menge von Blutbahnen auflösen, welche sich in der Pulpa lienis als Kanäle verzweigen, die nicht mehr drehrund, sondern unregelmässig gestaltet sind, mit austretenden Kanten und Spitzen, die seitlich in engere Kanäle auslaufen, ziemlich ähnlich den Kowalewskischen Gängen, welche wir in den Lymphdrüsen kennen gelernt haben, nur mit dem Unterschiede, dass in diesem Kanalsysteme, welches hier in das lockere Gewebe der Pulpa lienis gegraben ist, nicht Lymphe, sondern Blut fliesst, beziehungsweise Blutplasma in denjenigen sich seitlich abzweigenden Kanälen, die zu eng sind, um Blutkörperchen aufzunehmen. In diesem sogenannten intermediären Gefässsysteme bespülen Blut und Plasma unmittelbar die Zellen der Milzpulpa und das Stroma, in welches dieselben eingelagert sind.

Aus diesem Labyrinth von Blutbahnen sammelt sich das Blut wieder in kleine Venen, und diese durchbohren mit ziemlich kurzen Stämmen die Wände der grösseren und münden in dieselben ein. Schneidet man eine solche grössere Vene auf, so findet man, dass sie auf der inneren Fläche viele, viele Löcher hat, als ob sie mit einer Nadel durchprickelt wäre. Diese Löcher sind die Einmündungen der kleinen Venen und führen den Namen der Stigmata Malpighii.

Es ist behauptet worden, dass auch in der Pulpa lienis die Capillaren ebenso ihre Wandlungen hätten, wie in der übrigen Milz, dass überhaupt die Capillaren der Pulpa lienis gewöhnliche Capillaren seien, wie die anderer Organe, dass man sie nur bei der Injection leicht zerreisse, und dann ein Lacunensystem fühle, das normaler Weise und im Leben gar nicht mit Blut gefüllt sei. Diese Behauptung ist aber unrichtig. Man kann sich auf leichte Weise davon überzeugen. Man legt bei lebenden Thieren vorsichtig eine Schlinge um die Arteria und Vena lienalis und zieht dieselbe zu. Dann kann natürlich von einem Extravasate keine Rede sein, sondern man fixirt nur das Blut, man ertappt es an den Orten, die es gerade einnimmt. Jetzt schneidet man die Milz aus und legt sie in Chromsäure. Wenn man dann von einer solchen Milz Durchschnitte macht, so findet man die Blutkörperchen in diesem sogenannten intermediären Gefässsysteme, so dass man nicht daran zweifeln kann, dass dasselbe normaler Weise mit Blut gefüllt sei. Man sieht auch schon die Unregelmässigkeit der Begrenzungen und überzeugt sich, dass diese vom Pulpagewebe selbst gebildet werden und nicht von eigenen, von diesem verschiedenen und trennbaren Wandungen. Wenn man die Milz mit einer Injectionsmasse aus Leim und löslichem Berlinerblau füllt, so erhält man ganz dieselben Bilder, wie sie Wilhelm Müller in einer Abhandlung über den Bau der Milz gegeben hat. Fig. 34 zeigt eines dieser Bilder aus der Milz der Saatkrähe, einen Arterienast mit von ihm abgehenden Capillaren, die das Blut in das intermediäre Gefässsystem der Pulpa führen. Es ist also kein Zweifel, dass dieses Gefässsystem in dieser Gestalt wirklich vom Blute durchkreist wird; dabei bleibt es aber allerdings richtig, dass man schliesslich so viel Injectionsmasse hineinpressen kann, dass die natürlichen Räume über das Maass

Fig. 34.



ausgedehnt werden, auf welche sie im Leben das Blut ausdehnt, und dass endlich auch künstliche Räume erzeugt werden, die an und für sich nicht in der Milz vorhanden sind. Es zeigt sich letzteres daran, lass das in guten Injectionen in einem reichen, aber feinen Kanalysteme vertheilte Berlinerblau zu grösseren extravasatartigen Massen usammenfliesst.

Wir haben es versucht, uns eine Einsicht in den Bau der Milz zu rschaffen, es handelt sich jetzt darum, so viel als möglich von der nction derselben kennen zu lernen. Der kürzeste Weg hiezu erscheint f den ersten Anblick zu sein, dass man die Milz ausschneidet und untercht, welche Functionen ausfallen. Das hat man auch zu wiederholten len gethan. Die Thiere haben in der Regel die Operation gut übernden, aber seinen Zweck hat man nicht erreicht, denn die Thiere ren eben nachher, wie sie vorher gewesen waren. Erst in neuerer it sind bei genauerer Untersuchung mässige Gewichtszunahmen der mphdrüsen und gewisse Veränderungen des Blutes, beziehungsweise Gefässe, bemerkt worden, so dass nach Winogradow reichlicher sonst rothe Blutkörperchen in die Lymphbahnen übergehen.

Man hat behauptet, die Milz spiele eine Rolle bei den Geschlechtsctionen. Da man fand, dass auch Thiere, denen die Milz ausgeschnitten rde, noch ihr Geschlecht fortpflanzten, so hat man gemeint, die yreoida vicarire für die Milz. Es hat sich aber durch die Versuche Bardeleben gezeigt, dass dies auch unrichtig ist, dass man auch Thyreoidea ausschneiden kann, ohne etwas Wesentliches zu ändern. s diesen Versuchen geht nun so viel hervor, dass die Milz, trotzdem ein so grosses und mächtiges Organ ist, keiner Cardinalfunction ausliesslich vorsteht, und wir müssen uns daher fragen, was sie denn st wohl leisten mag? Zunächst ist es klar, dass sie als Blutreservoir nen kann, und dass sie die Blutmenge verändern kann, welche in lere Theile, speciell in den Magen hineingeht. Wenn die Muskelfasern Milz erschlafft sind, so kann die Milz eine bedeutende Menge von it aufnehmen, es kann auch in der Zeiteinheit eine beträchtliche nge von Blut durch sie hindurchgehen. Wenn die Muskelfasern der lz sich zusammenziehen, so muss erstens das Blut, welches in der lz enthalten ist, grösstentheils in die übrige Circulation zurückkehren, eitens ist aber dann auch die Circulation durch die Milz in sehr hem Grade erschwert. Sie werden das erwarten müssen, wenn Sie denken, dass das Blut nicht nur durch die gewöhnlichen Capillaren, ndern auch durch die Blutbahnen des intermediären Gefässsystems ndurchgehen muss, und diese Blutbahnen nun alle in der Weise zummengedrückt sind, dass die Milz erblasst. Wegen der Anastomosen n, welche die A. lienalis mit den übrigen Aesten der Coeliaca hat, e direct und indirect zum Magen hingehen, muss der Contractionsstand der Milz einen wesentlichen Einfluss auf die Circulationsrhältnisse des Magens ausüben. Zwei Schüler von Botkin, Drosdoff d Botschetschkaroff, haben ferner nachgewiesen, dass mit dem Zustande r Milz auch der Blutgehalt der Leber variirt. Wurde das peripherische nde des durchschnittenen Plexus lienalis gereizt, so zog sich die Milz sammen und die Leber vergrösserte sich. War in die Leber eine tichwunde gemacht, so floss aus derselben nur wenig Blut, so lange

die Milz von Blut geschwellt war; wurde aber diese zur Contraction gebracht, so floss das Blut reichlich aus der Stichwunde.

Zweitens ist nach verschiedenen älteren Beobachtern, denen unter den neueren G. Bizzozero und G. Salvioli beigetreten sind, in der V. lienalis eine viel grössere Menge von weissen Blutkörperchen enthalten, als in der A. lienalis. Diese farblosen Blutkörperchen müssen also in der Milz gebildet worden sein, und die Milz spielt somit auch die Rolle einer peripherischen, einer terminalen Lymphdrüse, indem in derselben Lymphkörperchen gebildet werden, die nun in den Blutstrom hineingelangen. Auf welche Weise sie in den Blutstrom gelangen, darüber fehlt es an directen Beobachtungen, aber um den Ort ihrer Entwickelung können wir kaum in Verlegenheit sein. Wenn wir das Gewebe der Milz ansehen, so finden wir sowohl in den Malpighi'schen Körperchen, als im Gewebe der Milzpulpe überall Zellen, die Lymphkörperchen, farblosen Blutkörperchen in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien ganz ähnlich sind, und wir können nur sagen, dass die reifen Lymphkörperchen zunächst aus demjenigen Theile kommen müssen, in dem die am meisten entwickelten Zellen vorhanden sind, und dies ist die Milzpulpa. Nun sind zwei Möglichkeiten vorhanden: diese Lymphkörperchen könnten mit der Lymphe der Milz zunächst in grösseren, innerhalb der Milz verlaufenden Stämmen gesammelt werden, und diese könnten in die Blutgefässe, in die Milzvenen einmünden, und so die Lymphkörperchen in dieselben hineinbringen. Dergleichen Stämme kennt man aber bis jetzt nicht. Wohl aber sieht man in den Blutbahnen des intermediären Gefässsystems das Blut überall direct Zellen bespülen, welche ausgebildeten Lymphkörperchen bereits vollkommen ähnlich sind, und es wird deshalb die zweite Möglichkeit ziemlich wahrscheinlich, die, dass in ähnlicher Weise, wie in den Lymphdrüsen, die reifen Lymphkörperchen von den Zellenbalken abfallen und in den Lymphstrom gelangen, hier von den Wandungen des intermediären Gefässsystems gleichfalls reife lymphoide Zellen abfallen und in den Blutstrom hineingelangen, und dass diese es sind, welche von der Vena lienalis aus der Milz herausgebracht werden. Es muss indessen hinzugefügt werden, dass dieses Freiwerden von lymphoiden Zellen in der Milz wahrscheinlich nicht continuirlich stattfindet, indem mehrere neuere Zählungen ein von den älteren Angaben sehr verschiedenes Resultat ergeben haben.

Vor einer langen Reihe von Jahren beschrieben Kölliker und Ecker blutkörperchenhaltige Zellen in der Milz, die auch später von Andern wiedergefunden wurden. Damals glaubte man noch, dass jede Zelle mit einer Membran umgeben sein müsse. Man war deshalb auf die höchst unwahrscheinliche Voraussetzung hingedrängt, dass sich die Zellen um die Blutkörperchen herum bildeten, ein Vorgang, für den sich keine Analogie vorfand, und zu dessen Annahme sich ein Theil der Physiologen mit Recht nicht entschliessen konnte. Diese Schwierigkeit fällt nun weg indem wir wissen, dass die nackten Zellen Fetttröpfchen, Karminkörnchen, Zinnoberkörnchen, also vielleicht auch rothe Blutkörperchen in ihr Inneres aufnehmen, in ähnlicher Weise, wie eine Amöbe sich sogar ein ganzes Stärkekorn einverleiben kann, um dasselbe als Nahrung zu verbrauchen. Es hat auch in neuerer Zeit W. Müller bei seinen Untersuchungen über die Milz diese Zellen wiedergefunden, und er ist

Meinung, dass es die Pulpazellen seien, in welche, wie er sich ausdrückt, die rothen Blutkörperchen hineingewandert wären. Dieses Hineinwandern, oder richtiger gesagt, dieses Verzehrtwerden der Blutkörperchen durch Zellen, die aus der Pulpa stammen, hat Dr. Kusnetzow im hiesigen Laboratorium direct beobachtet. Es ist dazu nöthig, dass man die Temperatur des menschlichen Körpers, wenn auch nicht ganz, so doch einigermassen herstellt, dass man auf einem heizbaren Objecttische das Object bis auf circa 30 bis 35^0 erwärme. Er hat gesehen, dass die lymphoiden Zellen der Pulpa Blutkörperchen in sich aufnehmen, und dass die Blutkörperchen in diesen Zellen in Stücke zerfallen. Man weiss nun freilich daraus noch nicht, in wie weit dieses Verzehrtwerden von farbigen Blutkörperchen durch farblose fortwährend im lebenden Körper vor sich geht; man hat aber in der Milzpulpa Zellen gefunden, welche ein dunkles, körniges Pigment enthalten, von dem man glaubt, dass es vom Haemoglobin des Blutes abstamme, und man ist deshalb der Meinung, dass auch im Leben Blutkörperchen in dieser Weise von den Zellen der Milzpulpa verzehrt werden, dass sie darin zu Grunde gehen, und endlich nur ein Zersetzungsproduct des Haemoglobins in denselben zurückbleibe. Wenn sich dies weiter, und Schritt für Schritt ausführen und verfolgen liesse, so würde man daraus einerseits in einem schon vor Jahren von Virchow angedeuteten Sinne die Bildungsstätte und den Ursprung des Pigmentes gefunden haben, welches sich bisweilen krankhafter Weise im Blute ansammelt und den Zustand bedingt, welchen wir Melanaemie nennen, und andererseits könnte es einen Aufschluss geben über die Leukaemie, insofern man dadurch darauf geführt würde, wie es zugeht, dass bei einer sehr grossen Zunahme der weissen Blutkörperchen die farbigen Blutkörperchen auffallend abnehmen. Es wäre dann ein Darwin'scher Kampf ums Dasein, in dem die rothen Blutkörperchen von den weissen Blutkörperchen, von den lymphoiden Zellen gefressen würden, während sich bisher diejenigen, die annehmen, dass die rothen Blutkörper aus den farblosen hervorgehen, der Ansicht zugeneigt haben, dass die rothen Blutkörperchen deshalb in der Leukaemie an Zahl abnehmen, weil die Metamorphose der farblosen Blutkörperchen in rothe stocke.

Man hat auch die Milz mit der Blutbildung in Zusammenhang gebracht, namentlich mit der Bildung der rothen Blutkörperchen. Diese Ansicht hat in neuester Zeit wieder namhafte Vertreter gefunden. Doch sind die von den letzteren gemachten Beobachtungen nicht so einfach und leicht darlegbar, dass ich hier die Consequenzen derselben ohne weiteres ziehen könnte. Es wird auch die Milz nicht als einzige Hauptbildungsstätte der rothen Blutkörperchen angesehen, sondern als zweite neben ihr das rothe Knochenmark, das später an vielen Orten durch Verfettung in das weisse oder sogenannte Fettmark übergeht.

Charles S. Roy giebt an, dass sich die Milz periodisch zusammenzieht und wieder ausdehnt, bei Hunden und Katzen etwa einmal in der Minute.

Die Schilddrüse.

Bis jetzt haben wir uns mit der Thymus und mit der Milz noch immer an das Lymphgefässsystem anlehnen können: das ist aber nicht

mehr der Fall mit der Schilddrüse. Wir kennen keinen Zusammenhan zwischen der Schilddrüse und dem Lymphgefässsysteme, und der Ba der Schilddrüse weicht von dem der Lymphdrüsen völlig ab. Man finde zwar auch hier runde Körner, von welchen man im ersten Augenblick wenn man sie mit der Lupe ansieht, glauben könnte, sie seien etwa Aehnliches wie die Drüsenelemente der Lymphdrüsen: untersucht ma sie aber näher, so findet man, dass dies nicht der Fall ist. Man findet dass es lauter anscheinend sphäroidische oder polyedrische membranös Schläuche sind, welche in ihrem Innern mit einem zierlichen, kubische Epithel ausgekleidet sind und im normalen Zustande eine wasserhell flüssige, im pathologischen Zustande eine mehr zähe oder gelatinös Substanz enthalten. Man findet diesen Bau am einfachsten bei de Schildkröten dargelegt, weil bei diesen sehr wenig Bindegewebe vo handen ist, und alle diese kleinen Schläuche mit den zierlichen Gefäss netzen, welche sie umgeben, aber niemals Gefässe in sie hineinschicken eine neben der andern liegen. Von unsern Haussäugethieren sind e die Schafe, deren Schilddrüsen sich am besten zur Untersuchung eignen Von menschlichen Leichen bekommt man, mit Ausnahme von ganz junge Kindern, nicht viel gutes Material. Nach einer schon vor längerer Zei gemachten Angabe sollen die Höhlen dieser anscheinend sphäroidische oder polyedrischen Schläuche mit einander communiciren und ein ausgedehntes System von Hohlräumen in verzweigten Schläuchen darstellen. Man kann auf bedeutende Verschiedenheiten in dieser Richtung gefasst sein, seit Wölfler nachgewiesen hat, dass die gesammten Epithelialkeime ursprünglich jederseits in einer einzigen Gruppe vereinigt sind, und erst mittelst Bildung cylindrischer Massen und Zertheilung derselben durch Gebilde des mittleren Keimblattes, Bindegewebe und Gefässe, in die Gruppen zerfällt werden, welche später das Epithel für die einzelnen Drüsenelemente hergeben. Ueber die Function der Schilddrüse fehlt sogar jede Hypothese. Sie ist bei Thieren und bei Menschen ausgeschnitten worden, sie ist in ihrer ganzen Masse degenerirt, sie ist nach dieser Degeneration nach und nach auf chirurgischem Wege zerstör worden, ohne dass man daraus irgend welche Belehrung über die Function der Schilddrüse geschöpft hätte. Nur so viel hat man erfahren dass ihre Entfernung nicht so gleichgiltig ist, wie man nach ältere Thierversuchen glauben konnte. Man hat im Verfolge der Zeit schwer und selbst zum Tode führende Störungen in den Functionen des Central nervensystems auftreten sehen.

Die Nebennieren.

Ein Gebilde, welches von Alters her mit zu den Drüsen ohn Ausführungsgang gerechnet wird, ist die Nebenniere. Die Nebenniere erreichen im Embryo verhältnissmässig frühzeitig eine bedeutende Entwickelung, ohne dass man sie deswegen für ein embryonales oder ei speciell nur dem Embryonalleben gewidmetes Gebilde ansehen könnte Die Nebennieren bestehen aus einer Corticalsubstanz und aus einer Marksubstanz, welche Sie, wenn Sie eine menschliche Nebenniere durchschneiden, mit blossem Auge unterscheiden können. Die Rindensubstan der Nebenniere ist von der Marksubstanz durch ihre mehr gelblich

und hellere Farbe unterschieden, die Marksubstanz ist mehr grauröthlich und weicher. Auch verlaufen die grossen Blutgefässe alle in der Marksubstanz und in der Kapsel der Nebennieren, die eigentliche Corticalsubstanz bekommt nur kleinere Aeste, welche von den tiefen zu den oberflächlichen hinaufgehen und Capillarnetze bilden zwischen den sogenannten Drüsenschläuchen der Corticalsubstanz. Diese Drüsenschläuche sind cylindrische, oder, richtiger gesagt, prismatische Abtheilungen in der Corticalsubstanz, welche von bindegewebigen Septis gebildet werden, und welche mit polyedrischen, ziemlich unregelmässigen Zellen angefüllt sind, deren Bedeutung man nicht kennt. Im Innern, in der Marksubstanz, finden sich dreierlei Arten von Zellen. Erstens die von Virchow darin gefundenen sehr grossen und mit deutlichen Nervenfortsätzen versehenen Ganglienkörper, die in gar nicht unbeträchtlicher Anzahl darin enthalten sind. Eine zweite Art von Zellen, die Holm näher beschrieben hat, ist bedeutend kleiner. An diesen Zellen, die in grosser Menge in der Marksubstanz vorkommen, lassen sich keine Nervenfortsätze nachweisen; der Protoplasmaleib infiltrirt sich aber noch mit Karmin schön roth, wie bei den Ganglienkörpern, mit denen sie in ihrem Ansehen eine unverkennbare Aehnlichkeit haben. Namentlich ähneln sie den kleinen Ganglienzellen, welche sich in den mikroskopischen Ganglien des Darmkanals, im Meissnerschen und Auerbach'schen Plexus finden. Diese Zellen kommen ausserdem immer nur in der nächsten Umgebung der Nerven vor, so dass sie in Masse an Nervensträngen aufsitzen, oder an Theilungsstellen derselben angehäuft sind, in ganz ähnlicher Weise, wie die Ganglienkörper, welche den Nerven aufsitzend ein mikroskopisches Ganglion bilden, nur mit dem Unterschiede, dass an diesen Zellen noch keine Nervenfortsätze nachgewiesen sind. Wegen der Aehnlichkeit, welche sie mit den Zellen mikroskopischer Ganglien haben, und deshalb, weil sie immer nur unmittelbar an den Nerven vorkommen, ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie auch noch dem Nervensysteme angehören. Endlich kommt in der Marksubstanz noch eine dritte Art von Zellen vor. Die Zellen dieser Art sind die zahlreichsten von allen: sie haben meist eine cylindrische oder prismatische Gestalt, und der Zellenleib färbt sich nicht oder doch schwer mit Karmin, so dass an ihnen meist nur der Kern gefärbt erscheint, wenn schon der Zellenleib der anderen Zellen von Karmin schön roth ist. Ueber diese Zellen weiss man ebenso wenig etwas, wie über die Zellen in der Corticalsubstanz. Wenn man sich nun fragt, was man aus diesem mikroskopischen Befunde schliessen soll, so muss man sich sagen, dass es wahrscheinlich ist, dass die Nebennieren als ein Theil des Nervensystems, und natürlich als ein Theil des sympathischen Nervensystems anzusehen sind. Das wird deshalb wahrscheinlich, weil im Verhältnisse zu der Kleinheit des Organs eine sehr grosse Menge von Nerven in dasselbe hineingeht, zweitens weil die Nerven, die in das Gebilde hineingehen, dort keine peripherischen Endgebilde finden, sondern solche Endgebilde, wie man sie in den Ganglien, und wie man sie im Centralorgane findet, Ganglienkörper, welche wir nach unsern anderweitigen Erfahrungen nicht als Nervenendigungen, sondern als Nervenursprünge betrachten müssen. Die Nebennieren zu den Drüsen zu zählen, haben wir keine Veranlassung, da wir keine absondernde Thätigkeit an ihnen kennen, und auch nicht einmal eine wahre adenoide Formation wie in der Milz und in der

Thymus in ihnen vorfinden. Bei den Versuchen, die Nebennieren au operativem Wege zu entfernen, starben anfangs alle Versuchsthiere, dann hat man aber auch eine Reihe derselben am Leben erhalten, zuerst weisse Ratten, dann auch andere Thiere, Meerschweinchen, Kaninchen und Hunde. Beim Menschen ist bei Degeneration der Nebennieren vielfältig eine eigenthümliche bronzeartige Verfärbung der Haut beobachtet worden.

Hypophysis cerebri, Steissdrüse und Glandula intercarotica

Wir hätten als Drüsen ohne Ausführungsgang etwa noch zu besprechen die Hypophysis, die Steissdrüse und die Glandula intercarotica Die Hypophysis ist in einer ausführlichen und sehr genauen Arbeit von Peremeschko in Rücksicht auf ihren anatomischen Bau untersucht worden. Es hat sich dabei gezeigt, dass sie kein einheitliches Gebilde ist, sondern dass zwei Partien der Hypophysis einen wesentlich verschiedenen Bau haben. Aus dieser Untersuchung ist aber bis jetzt für die Physiologie nichts Sicheres hervorgegangen. Ebenso verhält es sich mit den Untersuchungen, welche über die Steissdrüse und über die Glandula intercarotica angestellt wurden.

Der Stoffwechsel.

Wir unterscheiden uns in unseren Ansichten über den Stoffwechsel nicht unbeträchtlich von unseren Altvordern. Wenn wir die Schriften derselben durchgehen, so zieht sich wie ein rother Faden durch dieselben die Vorstellung, dass wir unsere Nahrungsmittel zu uns nehmen als Ersatz für dasjenige, was fortwährend durch den Lebensprocess vom Körper zerstört wird. Sie sehen leicht ein, dass damit eine übertriebene Vorstellung von dem Stoffwechsel, welcher fortwährend im Körper stattfindet, zusammenhängt. Denn, wenn wir binnen vierundzwanzig Stunden immer so viel von unserem Körper zerstören würden, als wir an Nahrungsmitteln, ich will auch nur sagen, an Eiweisssubstanzen in unserer Nahrung, wieder zu uns nehmen, so müsste in verhältnissmässig kurzer Zeit von dem Ganzen, was an unserem Körper gewesen ist, nichts mehr übrig sein. Heutzutage denken wir uns die Sache anders. Wir denken uns, dass wir unsere Nahrungsmittel zu uns nehmen, um Wärme und um Arbeit zu erzeugen, und dass wir fortwährend nur einen verhältnissmässig kleinen Theil unseres Organismus verbrauchen, dass der grösste Theil der Substanzen, welche wir consumiren, um Arbeit und Wärme zu erzeugen Bestandtheile der Nahrungsmittel sind, welche wir zu uns nehmen. Wir haben auch hiezu gute Gründe, indem die Erfahrung zeigt, dass wi unsere Nahrungsmittel sozusagen im kurzen Wege verbrauchen, indem sic unsere Ausscheidungen, sowohl unsere Respirationsproducte, als auch d Ausscheidungen durch die Nieren, in verhältnissmässig kurzer Zeit ändert je nach der Nahrung, welche wir zu uns nehmen. Es ändert sich d Menge der Kohlensäure, welche wir ausscheiden, je nachdem wir unserer Nahrung Kohlehydrate oder Fette oder Eiweisskörper zu u

nehmen, es ändert sich die Natur des Harnes, je nachdem wir pflanzliche oder thierische Kost essen. Man kann einem Pflanzenfresser in kurzer Zeit den Harn eines Fleischfressers verschaffen, wenn man ihn mit Fleisch füttert. Der Harn wird klar und sauer, wie der eines Fleischfressers, und ebenso wird der Harn eines Pflanzenfressers, den man gänzlich fasten lässt, klar und sauer, weil er dann gegen seinen Willen Fleischfresser wird, weil er dann auf Kosten seiner eigenen Substanz respiriren muss.

Die Kenntniss, welche wir von dem Wechsel der geformten, der organisirten Substanz im Körper haben, ist gering. Wir wissen, dass sich ein Theil der Oberhaut fortwährend abstösst, wir wissen, dass die Haare und die Nägel, also im Allgemeinen die Horngebilde fortwährend wachsen, und dass wir sie durch Scheere und Messer stückweise entfernen. Wir wissen ferner, dass aus gewissen Drüsen nicht blos ein flüssiges Secret kommt, sondern dass auch ganze Enchymzellen mit aus den Drüsen ausgestossen werden, und ebenso, dass auch von den inneren Epithelien, von dem der Nasenschleimhaut, dem der Bronchialschleimhaut, und dem des Tractus intestinalis gelegentlich etwas ausgestossen wird. Indessen hat man auch in dieser Beziehung früher übertriebene Vorstellungen gehabt. Man hat sich z. B. eine Zeit lang vorgestellt, dass die Secretion des Magensaftes, der Verdauungsflüssigkeit immer so erfolge, dass die ganzen Enchymzellen aus den Pepsindrüsen ausgestossen würden. Man wurde auf diese Idee geführt dadurch, dass bei den Kaninchen, bei denen der Magen niemals leer wird, sich an der inneren Oberfläche desselben zwischen dem Mageninhalte und der Magenwand eine Schicht anhäuft, die aus lauter Zellentrümmern besteht. Wenn man aber den Magensaft des Hundes und auch den frisch secernirten Magensaft des Menschen untersucht, so findet man, dass er eine klare Flüssigkeit ist, in der nur sporadisch geformte Elemente vorkommen. Ebenso glaubten einige Physiologen, dass behufs der Resorption das Cylinderepithel des Darmkanals abgestossen würde, dass die Spitzen der Zotten frei würden, damit sie resorbiren können. Man weiss jetzt, dass dies bei Weitem nicht der Fall ist, sondern dass das Epithel ein durchaus nothwendiger Factor der Resorption ist, und dass tiefe, gewaltsame Störungen im Organismus eintreten, wenn das Epithel des Darmkanals in grösserer Ausdehnung abgestossen wird.

Andererseits kennt man wiederum Thatsachen, welche darauf hindeuten, dass, namentlich in gewissen Geweben, der Wechsel der geformten Bestandtheile ein sehr geringer ist. In den Knochen finden zwar bedeutende Wandlungen statt, so lange sie wachsen, indem sie in einzelnen Partien schwinden, während sie in anderen neue Substanz ansetzen; aber später, wenn sie einmal ihre volle Ausbildung erreicht haben, scheint der Wechsel ihrer festen Substanz, namentlich der ihrer organischen Grundlage sich sehr zu beschränken. Eine interessante und lehrreiche Erscheinung zeigt bisweilen die Linse des Auges. Man findet bisweilen in ihr eine einzelne getrübte Schicht, die in der übrigens klaren Linse liegt, und einen so geringen Durchmesser hat, dass man mit Bestimmtheit sagen kann, dass sie schon während des Embryonallebens abgelagert worden ist, und doch hat sie sich Jahre lang erhalten. Die Persistenz der Hornhautflecke, die Langsamkeit, mit der sich Narben verändern, deutet darauf hin, dass der Wechsel der stickstoffhaltigen Substanzen sich auch

hier viel mehr auf die gelösten Theile bezieht, als auf diejenigen, welche bereits Gestalt, welche bereits Form angenommen haben, und somit Formbestandtheile des Körpers geworden sind.

Es ist indessen unzweifelhaft, dass immer eine gewisse Menge stickstoffhaltiger Substanzen verbraucht werden muss, und, wie es scheint, auch immer eine gewisse Menge von Substanz unseres Körpers verbraucht werden muss, auch wenn eine hinreichende Ernährung stattfindet. Man weiss, dass man den Stickstoffumsatz des Körpers nur auf eine gewisse untere Grenze, nicht weiter herunterdrücken kann, man mag die Ernährung regeln wie man will. Man mag mit stickstofflosen Substanzen noch so reichlich füttern, um den Stickstoffumsatz zu beschränken, um die Respiration wesentlich auf Kosten stickstoffloser Substanzen stattfinden zu lassen: es bleibt immer eine gewisse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen, namentlich von Harnstoff, welche binnen vierundzwanzig Stunden ausgeschieden wird, und welche zeigt, dass immer eine gewisse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen im Körper zersetzt werden muss. Wenn nur stickstofflose Substanzen gefüttert werden, so müssen diese stickstoffhaltigen Substanzen natürlich dem Körper als solchem entnommen werden, und das Individuum geht deshalb bei einer solchen Ernährung rettungslos zu Grunde. Interessant ist es, dass es nicht einmal gelingt, das Individuum im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten, wenn man ihm dieselbe Menge Stickstoff, welche es unter solchen Umständen ausscheidet, in Gestalt von Eiweisskörpern in der Nahrung gibt. Die Menge des ausgeschiedenen Stickstoffes wächst dann, so dass das Individuum wieder ein Stickstoffdeficit hat. Pettenkofer und Voit mussten ihrem Versuchshunde sogar $2\frac{1}{2}$mal so viel Stickstoff in der Nahrung zuführen, als er bei stickstofffreier Nahrung ausschied, um Gleichgewicht, um Beharrungszustand zu erzielen.

Wenn also nicht die hinreichende Nahrung zugeführt wird, qualitativ oder quantitativ, so ist die Folge davon, dass die Substanz des Organismus angegriffen wird, und wenn dies fortdauert, so geht das Individuum demjenigen Zustande entgegen, welchen wir mit dem Namen der Inanition bezeichnen. Es werden aber dabei die verschiedenen Bestandtheile des Körpers in sehr verschiedener Weise angegriffen. Ueber diesen Gegenstand liegen uns ausführliche Untersuchungen von Chossat vor. Er liess Tauben verhungern, und bestimmte an den verhungerten Tauben das Gewicht der einzelnen Organe, während er früher dieselben Organe anderer wohlgenährter Tauben von gleichem Gesammtgewichte und gleichem Alter mit seinen Versuchsthieren dem Gewichte nach bestimmt hatte. Daraus ergab sich schliesslich folgende Tabelle, in welcher die Menge der verlorenen Substanz in Bruchzahlen von der ursprünglich vorhandenen Substanz ausgedrückt ist. Die Menge der ursprünglich vorhandenen Substanz wurde erschlossen aus den Zahlen, die an den erwähnten wohlgenährten Tauben gefunden worden waren.

Verlust in Bruchtheilen des ursprünglichen Gewichtes der Organe.

Fett	0,933
Milz	0,714
Pankreas	0,641
Leber	0,520
Herz	0,448
Därme	0,424

Verlust in Bruchtheilen des ursprünglichen Gewichtes der Organe.

Willkürliche Muskeln	0,423
Magen	0,397
Schlundkopf, Speiseröhre	0,342
Haut	0,333
Nieren	0,319
Lungen	0,224
Kehlkopf- und Luftröhrenknorpel	0,214
Knochen	0,167
Augen	0,100
Nervensystem	0,019

Dass das Fett so rasch schwindet, hängt damit zusammen, dass es verhältnissmässig leicht verbrennlich, leicht oxydirbar ist, und also leicht dem Respirationsprocesse unterliegt. Es wird deshalb auch das Fett im Körper im Vorrath abgelagert, es ist ein Respirationsmaterial, welches für gelegentliche Zwecke aufbewahrt wird. Die Laien meinen freilich, die mageren Menschen hielten, wenn sie krank würden, mehr aus, als die fetten: wenn die fetten einmal krank würden, dann ginge es bald mit ihnen zu Ende. Das ist eine falsche Vorstellung, die sich daraus gebildet hat, dass die fetten Menschen gewissen, rasch zum Tode führenden Leiden mehr ausgesetzt sind, als magere. Im Ganzen muss man sagen, dass ein Individuum, welches eine gewisse Menge von Fett im Vorrathe abgelagert hat, eine Krankheit, die mit Nothwendigkeit eine längere Zeit dauernde, unvollständige Ernährung bedingt, besser aushält, als Individuen, welche bereits mager waren, als sie von dieser Krankheit befallen wurden. In der That ist es auch bekannt, dass diejenigen Individuen, welche längere Zeit gekränkelt haben, ehe sie einen Abdominaltyphus bekommen, dem Verlaufe des Typhus im Allgemeinen schlechter widerstehen, als diejenigen, welche von demselben in voller Gesundheit befallen worden sind.

Gewisse Menschenracen haben eine besondere Neigung, Fett in Vorrath anzusetzen. Dazu gehören vor Allen die Hottentotten. Sie können dem entsprechend auch längere Zeit Entbehrungen aushalten. Theophilus Hahn, der im Caplande aufgewachsen ist, erzählt von einem Hottentottenknaben, dem in der Jahreszeit, in welcher er zu Hahn's Eltern ins Haus zu kommen pflegte, die Beinkleider hinten stets zu eng wurden, während er später, wenn er wieder zu seinen eigenen Eltern zurückkehrte, ohne Krankheit oder Schwäche in auffälliger Weise abmagerte. Das allerbelehrendste Beispiel von Fettablagerung ist aber das Kameel. Der Araber sagt ganz richtig, das Kameel lebe auf den Karawanenreisen von seinem Höcker. Wenn das Kameel gut ernährt wird, lagert es in dem Bindegewebe des Höckers eine grosse Menge von Fett ab. Dieses Fett verbraucht es nach und nach auf der Karawanenreise, während welcher es unvollkommen ernährt wird, ohne dass sein übriger Körper beträchtlich leidet, und wenn es dann zur rechten Zeit ankommt, kann es in einer kurzen Zeit durch bessere Ernährung für weitere Strecken, beziehungsweise für den Rückweg, wieder arbeitsfähig gemacht werden.

Dass die Milz in der Abnahme gleich nach dem Fette folgt, hängt wahrscheinlich mit zweierlei Umständen zusammen: erstens damit, dass das Gewicht der Milz grösstentheils durch den Blutgehalt bedingt ist, und wenn in Folge des Fastens die Blutmenge im Allgemeinen abnimmt,

namentlich die Milz an Blut verarmt. Zweitens aber auch wohl damit, dass in der Milz ein reicher Stoffwechsel stattfindet, wegen der Menge von zelligen Elementen, welche in derselben producirt werden, und welche, wie wir gesehen haben, grossentheils mit dem Blute der Milzvene fortgeführt werden.

Auffallend ist die sehr geringe Abnahme des Nervensystems, indem dieses noch nicht um zwei Hundertstel abgenommen hat zu einer Zeit, wo schon fast alles Fett geschwunden war. Es scheint dies damit zusammenzuhängen, dass der grösste Theil des Nervensystems und namentlich der Theil, der hier gewogen worden ist — denn das kann ja nur das Centralnervensystem sein, die peripherischen Theile konnten ja nicht einzeln herauspräparirt werden — in eine knöcherne Kapsel eingeschlossen ist, und dass deshalb die Versorgung mit Blut weniger leidet, als dies bei den peripherischen Theilen der Fall ist. Es kann also die Gesammtmenge des Blutes bedeutend heruntergehen, ohne dass das Centralnervensystem wesentlich schlechter mit Blut versorgt wird, als dies im normalen Zustande der Fall ist.

Mit dieser geringen Abnahme des Nervensystems hängt die Länge der Zeit zusammen, während welcher ein Individuum der Inanition widerstehen kann. Ein sehr merkwürdiges Resultat, das Chossat gefunden hat, ist, dass der Tod in Folge des Verhungerns ziemlich allgemein dann eintritt, wenn die Thiere 0,4 ihres Gesammtgewichtes verloren haben. Es ist dabei nach Chossat gleichgiltig, ob den Thieren das Futter ganz entzogen wurde, oder ob sie unzureichend ernährt wurden. Im letzteren Falle leben sie natürlich länger, sterben aber auch, wenn sie 0,4 ihres Gesammtgewichtes verloren haben. Es zeigte sich diese Zahl nicht nur bei Säugethieren und Vögeln, sondern auch bei Amphibien und Fischen constant. Obgleich die Amphibien dreiundzwanzigmal länger lebten, so starben sie doch, wenn sie 0,4 ihres Gesammtgewichtes verloren hatten. Es geht also daraus nichts Anderes hervor, als dass der Stoffwechsel in den Amphibien dreiundzwanzigmal langsamer war, und wir werden sehen, dass das ganz gut übereinstimmt mit anderen Zahlen, die wir aus vergleichenden Untersuchungen über die Respiration der Amphibien und die der warmblütigen Thiere gewonnen haben. Diese Zahl 0,4 wird nur alterirt durch den Zustand, in welchem das Thier in den Versuch hineinging. Wenn nämlich das Thier bereits mager war, so konnte es nicht mehr 0,4 seines Gewichtes verlieren, ehe es starb, wenn es aber sehr fett war, konnte es mehr als 0,4 verlieren, ehe es starb, begreiflicher Weise deshalb, weil der Fettverlust ohne Nachtheil ertragen wurde, und ein fettes Thier einen Theil seines Fettes verbrennen konnte, ohne seine wesentlichen Schätze, die stickstoffhaltigen Substanzen der Organe, in grösserer Ausdehnung anzugreifen. Es geht dem Organismus, wie dem berühmten Töpfer Bernhard Palissy, der, nachdem er sein Holz verbrannt hatte, zuletzt seinen Tisch und seine Stühle in die Flammen warf, um das Feuer nicht ausgehen zu lassen.

In Rücksicht auf die Zeit, während welcher das Fasten ertragen werden kann, haben namentlich die Beobachtungen am Menschen Interesse, und da zeigt es sich nach den Rechnungen, welche Moleschott auf Grund der von Tiedemann gesammelten Materialien angestellt hat, dass im Mittel aus achtzehn Beobachtungen das Fasten einundzwanzig bis

zweiundzwanzig Tage ertragen wurde. Die Zahl wird Ihnen sehr gross erscheinen; man muss aber dabei berücksichtigen, dass hier eine Reihe von Melancholikern mitgerechnet ist, die ungewöhnlich lange fasten, weil bei ihnen krankhafter Weise der Stoffwechsel verlangsamt ist. Wenn man die Melancholiker ausschliesst, so gibt ein Mittel aus zehn Beobachtungen als mittlere Zeit des Fastens vierzehn Tage. Dagegen gaben sechs Melancholiker, die Wasser getrunken, aber nicht gegessen hatten, unter sich allein gerechnet, das erstaunliche Mittel von 41,6 Tagen. Für die Erhaltung des Lebens und der relativen Euphorie von fastenden oder unzureichend ernährten Individuen sind als wesentliche Bedingungen anzusehen: völlige Ruhe des Körpers und Wärme, in der Weise, dass die vom Körper producirte Wärme so wenig als möglich abgeleitet wird. Die grösste Körperruhe scheint es wesentlich zu sein, welche das lange Fasten der Melancholiker ermöglicht; sie verbrauchen so wenig als möglich Substanz, um bewegende Kraft zu erzeugen. Andererseits ist es klar, dass das Fasten um so länger muss ertragen werden können, je weniger das Individuum Wärme zu bilden braucht, und es braucht um so weniger Wärme zu bilden, je weniger Wärme von ihm abgeleitet wird. Dieser Satz, dass man unvollkommen Genährte möglichst vor der Wärmeabgabe zu schützen, und ihnen möglichst Muskelanstrengungen zu ersparen hat, ist durch vielfältige Erfahrungen in Spitälern bestätigt, namentlich da, wo man gegen Syphilis die Fricke'sche Cur anwendet, bei der kein Quecksilber gegeben wird, sondern die Individuen als Medicament nur schwefelsaures Natron bekommen, und einer sehr strengen und knappen Diät unterworfen werden. Hier hat es sich immer gezeigt, dass die Cur bis zu einem gewissen Grade durchführbar war, so lange die Individuen ruhig im Bette liegen konnten, dass sie aber, sobald man versuchte, sie ausser Bett zu halten, sofort darunter litten und sich bitter über Hunger, Frost und Schwäche beklagten.

Wir haben gesehen, dass die Menschen und die Thiere um so länger den Hunger ertragen können, je langsamer ihr Stoffwechsel ist, weil es um so länger dauert, bis sie die verhängnissvollen 0,4 von ihrem Körper verloren haben. Damit hängt es auch zusammen, dass die Kinder den Hunger nicht so lange ertragen können als Erwachsene, weil sie eben einen geschwinderen Stoffwechsel haben. Hippokrates sagt schon: Die Kinder ertragen das Hungern kürzere Zeit als die Erwachsenen, die Männer kürzere Zeit als die Frauen, und Greise ertragen es länger als beide. Man kann das letztere jedoch nicht durchwegs sagen, indem abgelebte Greise der Nahrungsentziehung verhältnissmässig früh erliegen.

Die Leichname verhungerter Menschen haben gewisse Kennzeichen, welche in forensischer Beziehung wichtig sind. Es sind im Wesentlichen dieselben, welche Chossat bei seinen verhungerten Thieren gefunden hat. Zunächst ist fast sämmtliches Fett geschwunden. Der Körper ist abgemagert, der Magen ist leer, das heisst er enthält keine zur Ernährung dienenden Substanzen, wohl aber enthält er manchmal andere Substanzen, die aus Noth verschlungen worden sind, Gras, Stroh, Papier, Zeug und dergleichen. Durch das Verschlingen von unverdaulichen Substanzen kann zwar das Leben nicht verlängert, aber doch das Hungergefühl weniger peinigend gemacht werden. Das Hungergefühl ist ein doppeltes, ein allgemeines Gefühl der Inanition und ein Localgefühl des Hungers im Magen,

das durch Anfüllung desselben gedämpft werden kann. Es trat das sehr deutlich an einer Kranken hervor, auf welche wir noch zurückkommen werden, und die von Busch in Bonn beobachtet worden ist. Diese hatte eine verhältnissmässig hoch liegende Fistel im Dünndarm, aus der die genossenen Speisen austraten, so dass sie nur einen sehr kurzen Weg durch den Körper machten, und deshalb nicht die hinreichende Menge davon resorbirt wurde. Die Kranke, trotzdem sie grosse Mengen von Nahrung zu sich nahm, litt an Inanition, bis sie auf der Klinik in einer andern Weise, die wir später kennen lernen werden, ernährt wurde. Wenn sie sich recht voll gegessen hatte, und man sie fragte, ob sie satt sei, so sagte sie, sie habe zwar das Gefühl, dass ihr Magen voll sei, aber Hunger habe sie doch noch, das heisst, das allgemeine Gefühl der Inanition war durch die Anfüllung des Magens nicht gehoben, wohl aber das Gefühl der Magenleere, und dies letztere ist es, welches wir gewöhnlich an uns als Hunger bezeichnen, da wir es nicht bis zum allgemeinen Hungergefühle kommen lassen.

Die Muskeln Verhungerter sind sehr welk und leicht zerreisslich. Milz und Leber sind klein, und letztere ungewöhnlich dunkel gefärbt. Die Menge des Blutes in den Gefässen ist im Allgemeinen gering, und die Darmwände sind mehr oder weniger verdünnt. Es ist diese Verdünnung häufig deshalb nicht in die Augen fallend, weil der ganze Darm und auch der Magen sich stark zusammengezogen haben.

Diese Erscheinungen gelten im Ganzen für solche Individuen, denen die Nahrungsmittel nach und nach ausgegangen sind, sie scheinen nicht unter allen Umständen anwendbar zu sein auf Individuen, welche durch plötzliche absolute Nahrungsentziehung zu Grunde gegangen sind. Es scheint, dass diese bisweilen sterben, noch ehe es bis zu dem Grade der Inanition gekommen ist, dem dieser Leichenbefund entspricht. Es ist in neuerer Zeit ein solcher Fall in England vorgekommen. Da war ein Mädchen, eine gewisse Sarah Jakob, die angeblich nichts ass, dabei aber ausserordentlich fett war. Da man mit Recht einen Betrug vermuthete, so wurde das Kind bewacht. Es ass jetzt thatsächlich nichts. Nach acht Tagen, also verhältnissmässig früh, starb es. Als es sich nun darum handelte, ob das Kind Hungers gestorben sei, wurde auf Grund des Obductionsbefundes geltend gemacht, dass der Panniculus adiposus am Thorax und am oberen Theile des Bauches noch einen halben Zoll und am unteren Theile des Bauches nahezu einen Zoll dick gewesen sei. Es ist dies ein Befund, wie er wohl erklärlich ist, da das Kind ausserordentlich fett war, und nur acht Tage gefastet hatte, der aber in den Fällen niemals vorkommt, in denen Individuen durch langsame Inanition zu Grunde gegangen sind.

Die Nahrungsmittel.

Anorganische Nahrungsmittel.

Die Nahrungsmittel theilen wir ein in anorganische und organische. Die anorganischen Nahrungsmittel dienen uns als Bestandtheile unseres Körpers, um gewisse Theile unseres Körpers aufzubauen, theils auch,

um diejenigen anorganischen Substanzen zu ersetzen, welche durch den Harn fortwährend aus dem Körper ausgeschieden werden. In Rücksicht auf den Ausbau unseres Leibes sind uns in erster Reihe die phosphorsauren Salze wichtig, weil wir ja von ihnen eine grosse Menge zum Aufbau unseres Knochensystems verwenden. Wir brauchen aber auch andere anorganische Substanzen, schwefelsaure Salze, Chlorverbindungen, welche einen Bestandtheil unseres Körpers ausmachen. Im Ganzen kommen uns aber alle diese Verbindungen oder die Materialien für dieselben durch unsere gewöhnliche Nahrung zu. Die phosphorsauren Salze sind theils als solche in der vegetabilischen und in der animalischen Nahrung enthalten, theils werden sie auf Kosten von Lecithin und anderen phosphorhaltigen organischen Verbindungen gebildet. Ebenso ist es mit den schwefelsauren Salzen. Sie sind theils in unserer Nahrung enthalten, theils werden sie in unserem Körper durch die Oxydation des Schwefels gebildet, welchen wir in den Eiweisskörpern in nicht unbeträchtlicher Menge zu uns nehmen. Der Kalk, dessen wir bedürfen, ist theils in unseren Nahrungsmitteln, theils in unserem Trinkwasser enthalten. Wir brauchen also im Allgemeinen für diese Zwecke keine anorganischen Substanzen als solche gesondert einzuführen. Nur eine macht davon eine Ausnahme, das Kochsalz. Es werden fortwährend mit dem Harne so viel Chlorverbindungen ausgeleert, dass wir unseren Normalzustand nicht völlig constant erhalten können, ohne den Speisen Kochsalz zuzusetzen. Man hat ja gefunden, dass auch das Vieh besser gedeiht, wenn man ihm eine gewisse Menge von Kochsalz in Substanz zuführt. Selbst die Thiere des Waldes gehen dem Kochsalz nach. Die Förster legen bekanntlich Salzlecken an, um die Hirsche an gewisse Orte hinzugewöhnen. Der reiche und üppige Sallust preist im hohen Grade die Mässigkeit der Aethiopier und sagt von ihnen, dass sie kein Salz gekannt hätten, weil bei ihnen die Speisen dazu dienten, den Hunger zu befriedigen und nicht als irritamentum gulae genossen wurden. Auch wir kennen noch äthiopische Stämme, bei denen das Salz selten und theuer ist, aber wir wissen, dass sie suchen, es sich zu verschaffen, wo sie Gelegenheit finden. Zugleich sollen diese Stämme mehr als andere an Eingeweidewürmern, namentlich an Tänien leiden. Es mag das zusammenhängen mit ihrer anderweitigen Lebensweise, es mag das aber auch zum Theile mit der geringen Menge von Salz zusammenhängen, die sie verbrauchen. Dass wir Europäer auf die Dauer nicht ohne Salz leben können, das hat sich in früherer Zeit in auffälliger Weise gezeigt, als häufig Militärflüchtlinge im salzburgischen, oberösterreichischen und kärntnerischen Hochgebirge als Wildschützen lebten. Diese salzten das Gemsfleisch, von dem sie sich zum grossen Theile nährten, eine Zeit lang mit Schiesspulver, wenn ihnen das Salz ausgegangen war: dann aber konnten sie es nicht mehr aushalten, sie stiegen mit Gefahr ihrer Freiheit und ihres Lebens ins Dorf hinab, um Salz zu holen.

Wenn anderweitige anorganische Substanzen genossen werden, so geschieht es wesentlich zu drei verschiedenen Zwecken. Erstens um in Zeiten der Noth den Localhunger, den Magenhunger zu beschwichtigen, den Magen anzufüllen, dann aus Leckerei (ganze Völker haben gewissen anorganischen Substanzen Geschmack abgewonnen), und drittens aus krankhaftem Gelüste.

In Schweden ist in früherer Zeit, wo bei den schlechten Communicationen öfters locale Hungersnoth eintrat, nicht selten eine oder die andere Erdart mit unter das Brod verbacken worden. Auch bei den wilden Völkern Südamerikas, namentlich bei den Otomaken, hat Humboldt beobachtet, dass sie aus einer gewissen Thonart Klösse formten und diese in der Zeit, wo sie Mangel an Nahrungsmitteln litten, mit ihren sonstigen Vorräthen verspeisten. Dann ist im dreissigjährigen Kriege nach den Angaben des Chronisten Micraelius, selbst in dem sonst getreidereichen Pommern, Erde unter das Brod verbacken worden u. s. w. Man kann übrigens von einer Erde, ehe man sie näher untersucht hat, nicht aussagen, dass sie durchaus nichts Nahrhaftes enthalte. Es bilden bekanntlich nicht nur Infusorienreste, sondern auch noch lebende Organismen ausgedehnte Lager, so dass die angebliche Erde noch für den Menschen brauchbare organische Verbindungen in grösserer oder geringerer Menge enthalten kann.

Die Fälle, wo Erden als Leckerei genossen werden, weil man ihnen einen Geschmack auch in weiteren Kreisen abgewonnen hat, sind gar nicht selten. Moleschott erwähnt deren mehrere in seiner Physiologie der Nahrungsmittel. Schon Plinius erzählt von einer Speise, zu der eine Erdart zugesetzt werden musste. In der Mongolei werden Schalen aus einer wohlriechenden Erde geformt; in diese wird Wasser gegossen, das den Geruch und Geschmack derselben annimmt: das Wasser wird getrunken, und dann werden die Schalen zerbrochen und gegessen. Etwas Aehnliches existirt in Chile und auch in Portugal. Es ist aber ziemlich schwer, hier die Grenze festzuhalten zwischen dem, was noch ein verbreiteter Appetit, und dem, was bereits krankhaftes Gelüste ist. Zu letzterem muss man schon das Essen der Siegelerde rechnen, dem im Orient namentlich die Frauen in den Harems fröhnen. Es erinnert schon an die Pica chlorotica unserer einheimischen Mädchen, die in den Schulen häufig die Kreide, manchmal auch Schiefertafel und Griffel nicht in Ruhe lassen können. Worin diese Pica chlorotica eigentlich ihren Grund hat, ob die erste Veranlassung dazu reichlichere Absonderung von Säure im Magen ist, die durch Kreide abgestumpft werden soll, weiss man nicht mit Sicherheit. Man weiss aber, dass das, was wir davon sehen, nur kleine Anfänge sind gegenüber einer entsetzlichen Krankheit, welche man in Afrika, mehr aber noch in denjenigen Theilen von Amerika, in denen viele schwarze Sklaven lebten und leben, beobachtet hat, nämlich der Geophagie. Diese zeigt sich zuerst mit den Erscheinungen der Verarmung an Blut. Die Individuen werden dabei matt, träge, mürrisch, gleichgiltig gegen äussere Dinge, suchen die Einsamkeit auf, und ihre Haut fängt an, sich zu verfärben, die der Neger wird olivenfarbig, die der Mulatten grau, und die der Aethiopen wird weisslichgelb. Sie bekommen Palpitationen, Schwindel u. s. w. Diese Erscheinungen wachsen immer mehr, die Mattigkeit wird immer grösser, und dabei fühlen sie sich gedrungen, erst eine Erde, die sie noch mit einiger Sorgfalt aussuchen, dann beliebige Erde oder Thon zu geniessen, später auch andere ungeniessbare Dinge, selbst Holz und Papier zu verschlingen. Zuletzt tritt häufig Diarrhöe und Erbrechen hinzu, und meist gehen sie hydropisch zu Grunde oder sterben an irgend einer

intercurrenten Krankheit, von welcher ihr geschwächter Körper befallen wird, namentlich an Dysenterie.

In der Weise, in welcher uns die organischen Nahrungsmittel dienen, können uns die anorganischen Nahrungsmittel niemals dienen. Die organischen Nahrungsmittel dienen uns nicht allein zum Aufbau unseres Körpers, sondern sie dienen uns auch dazu, bewegende Kraft und Wärme zu erzeugen. Dazu können uns aber die anorganischen Nahrungsmittel deshalb nicht dienen, weil sie in unserem Körper keinen Verbrennungsprocess, keinen Oxydationsprocess mehr durchmachen, durch welchen bewegende Kraft und Wärme erzeugt würde.

Organische Nahrungsmittel.

Je nachdem wir unsere organischen Nahrungsmittel verwenden einerseits zum Aufbaue unseres Körpers, und andererseits um sie zu verbrennen und bewegende Kraft und Wärme zu erzeugen, hat man sie in zwei Abtheilungen gebracht, nämlich in Nahrungsmittel im engeren Sinne des Wortes — darunter hat man die albuminiden Substanzen verstanden, also die Hauptmasse unserer stickstoffhaltigen Nahrungsmittel — und in Respirationsmittel — darunter hat man die stickstofflosen Substanzen verstanden, welche wir zu uns nehmen, die Kohlehydrate und die Fette. Es lässt sich aber diese Eintheilung nicht streng durchführen, denn einerseits brauchen wir ja die Eiweisskörper nicht ausschliesslich zum Aufbau unseres Körpers, sondern wir brauchen nur eine gewisse Menge dazu; den Ueberschuss, den wir zu uns nehmen, verbrennen wir und verbrauchen ihn in ganz ähnlicher Weise zur Erzeugung von bewegender Kraft und Wärme, wie die stickstofflosen Nahrungsmittel, und andererseits können wir von den stickstofflosen Nahrungsmitteln nicht durchwegs sagen, dass wir sie nur für die Respiration gebrauchten. Wenn dies auch möglicher Weise richtig ist für die Kohlehydrate, so ist es doch gewiss nicht richtig für die Fette, denn wir müssen doch die Fette auch mit als wesentlichen Bestandtheil unseres Körpers ansehen, und wir können kaum daran zweifeln, dass von den Fetten, welche wir zu uns nehmen, ein Theil direct in unserem Körper abgelagert wird und kürzere oder längere Zeit Bestandtheil unseres Körpers bleibt.

Die Kohlehydrate.

Beginnen wir die Lehre von den organischen Nahrungsmitteln mit den Kohlehydraten. Diese bilden eine Gruppe von Substanzen, denen es gemeinsam ist, dass sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, und dabei letztere beide Elemente in solchen Verhältnissen enthalten, dass sie ohne Rest mit einander Wasser bilden würden. Man kann sie also ansehen als zusammengesetzt aus Kohlenstoff und aus Wasser. Daher der Name Kohlehydrate. Wenn sie sich oxydiren, so dass als Endproducte Kohlensäure und Wasser entstehen, so brauchen sie dazu so viel Sauerstoff, als nothwendig ist, um mit ihrem Kohlenstoff Kohlensäure zu bilden: die Bestandtheile des Wassers können dann als in ihnen schon vorhanden betrachtet werden.

Bei weitem der wichtigste von diesen Körpern ist für unsere Ernährung die Stärke. Man gibt ihr wie der Cellulose, der Substanz, aus der die Membran der Pflanzenzelle besteht, die Formel $C_6 H_{10} O_5$. Sie kommt meistens in kleinen geschichteten Körpern vor, deren Schichtung unter den einheimischen Stärkearten namentlich an der Kartoffelstärke sehr schön und deutlich zu sehen ist. Es liegen sehr zahlreiche Schichten um einen gewöhnlich excentrisch gelegenen Punkt herum. Das einzelne Stärkekorn besteht aus dreierlei Substanzen: aus der Granulose, die sich mit Jod blau färbt, aus der Erythrogranulose, die sich mit Jod roth färbt, und aus der Cellulose, die sich mit Jod nicht oder gelblich färbt. Die grösste Masse des Korns pflegt die Granulose zu bilden, eine geringere die Cellulose. Die Erythrogranulose bildet in den darauf untersuchten Stärkesorten stets nur einen sehr kleinen Bruchtheil. In der Kartoffelstärke ist sie nur in kaum nachweisbaren Mengen enthalten. Wenn man Weizenstärke mit einer grösseren Menge von Jod versetzt, so färben sich die Stärkekörner tief dunkelblau bis schwarzblau. Das rührt daher, dass sich die Granulose, die bei weitem die Hauptmasse des ganzen Stärkekorns ausmacht, mit Jod blau färbt, und durch diese Farbe jede andere verdeckt. Wenn Sie aber zu der Weizenstärke nur sehr wenig Jod hinzusetzen, indem Sie sich dazu einer Lösung von Jod in destillirtem Wasser ohne allen Zusatz bedienen, und sie längere Zeit damit schütteln, so dass sich dieses Jod ganz gleichmässig in allen Stärkekörnern vertheilen kann, dann färbt sich die Stärke nicht blau, sondern blassroth. Das rührt daher, dass die Erythrogranulose eine grössere Verwandtschaft zum Jod hat als die Granulose. Wenn deshalb nur sehr wenig Jod vorhanden ist, so nimmt die Erythrogranulose dieses ausschliesslich für sich in Anspruch, und nicht nur die Cellulose, sondern auch die Granulose bleibt weiss.

Wenn die Stärkekörner mit Wasser erhitzt werden, so ziehen sie das Wasser an sich, die Schichten quellen und blättern sich auseinander. Dadurch entsteht eine pappige Masse, welche unter dem Namen des Stärkekleisters bekannt ist, und welche sich gleichfalls mit Jod blau färbt. Wenn man einen solchen Kleister, der mit Jod blau gefärbt worden ist, erhitzt, so erblasst er, es vergeht die blaue Farbe vollständig. Wenn man ihn aber dann erkalten lässt, so stellt sich die Farbe wieder her. Es ist dies einmal so erklärt worden, dass beim Kochen das Jod verdampfe, sich aber in Dampfform über der Flüssigkeit lagere und nun beim Erkalten der Flüssigkeit wieder absorbirt werde. Man kann aber leicht zeigen, dass diese Erklärung unrichtig ist. Zu diesem Zwecke füllt man ein Reagirglas halb mit Stärkekleister an, setzt Jod hinzu und erhitzt, bis die Flüssigkeit farblos geworden ist, dann steckt man das untere Ende des Reagirglases in kaltes Wasser. Dann müsste, wenn sich das Jod oben angehäuft hätte, die Färbung sich zuerst oben wiederherstellen. Das geschieht aber nicht, sondern die Färbung stellt sich unten wieder her, während die oberen Partien noch farblos sind. Man sieht also daraus, dass das Ganze eine Dissociationserscheinung ist, dass das Jod bei höherer Temperatur sich von der Stärke trennt, dass es aber noch in der Flüssigkeit bleibt und sich hinterher beim Erkalten wieder mit der Stärke verbindet. Wenn man längere Zeit kocht, kann man allerdings alles Jod aus der Flüssigkeit austreiben,

dann stellt sich aber die Farbe auch nicht her, wenn man die Flüssigkeit erkalten lässt. Wenn man nach dem Erhitzen das Reagirglas ins Wasser bringt, so bemerkt man häufig, dass die Flüssigkeit nicht blau, sondern dass sie roth wird. Das bemerkt man namentlich, wenn man einen etwas dickeren Stärkekleister anwendet und etwas länger erwärmt. Es rührt dann daher, dass im Verhältnisse zu der Menge der Stärke nur sehr wenig Jod vorhanden ist, so dass die Granulose nichts mehr davon abbekommt, indem die Erythrogranulose im Kleister das ganze Jod für sich in Anspruch nimmt.

Wir werden später mehrere Fermente kennen lernen, welche das Amylum in Dextrin und Zucker umwandeln. Sie greifen alle die Granulose früher an, als die Erythrogranulose, so dass in einem gewissen Stadium ein Rest zurückbleibt, der sich mit Jod nicht mehr blau, sondern roth färbt, und aus Cellulose und Erythrogranulose besteht. Es wird uns bequem sein, für diesen Rest einen eigenen Namen zu haben, und ich will ihn deshalb als Erythramylum bezeichnen.

Es ist behauptet worden, die Erythrogranulose als besondere von der Granulose verschiedene Substanz existire nicht. Die rothe Färbung beruhe einerseits darauf, dass die Jodgranulosefärbung, je nach ihrer Intensität und je nach der Dicke der Schicht mehr roth oder blau erscheine, andererseits auf theilweiser Umwandlung des Jods in Jodwasserstoffsäure. Es ist allerdings richtig, dass unter gewissen Umständen unter Bildung von Jodwasserstoffsäure Entfärbung eintritt, und dass die früher blaue Masse dabei vorübergehend roth wird. Wenn die rothe Farbe aber der Granulose inhärirte, so müsste auch jede verdünnte Stärkelösung, die durch reichlichen Jodzusatz noch tiefblau wird, durch vorsichtigen auch roth gemacht werden können, was durchaus nicht der Fall ist. Es gelingt dies nur, wo Amylum, rohes oder gekochtes, in grösserer Menge angehäuft ist, denn hier allein ist genug Erythrogranulose vorhanden, um ihre Farbenreaction sichtbar zu machen. Dicker Stärkekleister und rohe Weizenstärke in Substanz können geradezu roth gemacht werden, ohne eine Spur von Blau: bei Zusatz von mehr Jod wird die Farbe tiefer, gesättigter und geht, indem sich auch die Granulose färbt, durch Violett in Blau über. Wenn die rothe Farbe der Granulose inhärirte, müsste sie sich bei verschiedenen Stärkesorten in gleicher Weise zeigen, und doch ist sie bei der Kartoffelstärke so schwach, dass sie hier ganz geleugnet ist. Dieser Unterschied erklärt sich einfach dadurch, dass die Kartoffelstärke weniger Erythrogranulose enthält als die Weizenstärke.

Wenn man Stärke mit Wasser, dem man zwei Procent käuflicher Schwefelsäure zugesetzt hat, anhaltend kocht, und nach einiger Zeit die Flüssigkeit mit Jod probirt, so findet man, dass sie sich nicht mehr blau färbt, sondern roth. Schon vorher aber, als sie sich noch blau färbte, hatte die Stärke durch die Einwirkung der Schwefelsäure eine Veränderung erlitten, sie war löslich geworden. Diese lösliche Stärke, Nasse's Amidulin, unterscheidet sich von der aufgequollenen Stärke dadurch, dass sie klare Lösungen gibt; im Uebrigen aber hat sie alle Reactionen, alle chemischen Eigenschaften der Granulose. Sie entsteht aus der Stärke, erstens durch langes Kochen mit Wasser, zweitens durch Kochen mit Pflanzensäuren. Am besten bereitet man sie sich durch Kochen

Bei weitem der wichtigste von diesen Körpern …
…hrung die Stärke. Man gibt ihr wie der Cellulo…
der die Membran der Pflanzenzelle besteht, di…
…kommt meistens in kleinen geschichteten Körpern …
…er den einheimischen Stärkearten namentlich …
…r schön und deutlich zu sehen ist. Es liegen …
…n einen gewöhnlich excentrisch gelegenen P…
…tärkekorn besteht aus dreierlei Substanzen …
…ich mit Jod blau färbt, aus der Erythro…
roth färbt, und aus der Cellulose, die …
färbt. Die grösste Masse des Korns pfle…
geringere die Cellulose. Die Erythrogr…
suchten Stärkesorten stets nur eine…
Kartoffelstärke ist sie nur in kar…
Wenn man Weizenstärke mit ein…
so färben sich die Stärkekörner …
daher, dass sich die Granulo…
ganzen Stärkekorns ausmacht. Wen…
jede andere verdeckt. …
wenig Jod hinzusetzen, in…
destillirtem Wasser ohne …
schütteln, so dass sich d…
vertheilen kann, dann …
roth. Das rührt daher …
schaft zum Jod hat …
Jod vorhanden ist. …
für sich in Anspr…
lose bleibt weis…

Wenn di…
das Wasser a…
Dadurch en…
Stärkeklei…
Wenn m…
ist, erh…
Wenn …
her.
verd…
be…

…ulic
…ward d
… zum Kaff
…, bis sie sich
…trin war ein G…
…ner Stärke und aus
… Stärke enthielt, so
…en Lösungen mit Jod bl…
…trin, welches in Frankreic…
…urde. Man rührt, um es zu be…
…gen von verdünnter Salpetersäu…
flache Kuchen: diese werden getr…
…ert, schwach geröstet. Wenn Sie so…
Jodlösung (man wendet für alle dies…
von Jod in reinem Wasser an) vers…
…schön roth färbt. Je reiner das Dextrin
…ke frei ist, um so mehr färbt es sich
…h darin enthalten ist, um so mehr färb…
…llen aber bei Gemengen von Dextrin v…
…us, je nachdem man viel oder wenig J…
eine Lösung von Jod in destillirtem Wass…
Gemenge von Dextrin und löslicher Stär…
die Flüssigkeit rein blau: wenn man …
dünnt, so dass das Blau blass wird, …
Jodlösung hinzu u. s. w., so kommt …
der blassblauen Flüssigkeit auf Zus…
blaue, sondern eine rothe Wolke …
gendem: Die lösliche Stärke hat …
Jod als das Dextrin: so lange also

für sich in Anspruch: erst wenn sie sich mit dem Jod
'ärke verbunden hat, dann geht bei weiterem Zusatz
' an das Dextrin und bringt nun die rothe Färbung
Erythramylum, das früher immer mit dem Dextrin
'in Umwandlungsproduct der Stärke gehalten
unterscheiden. Wenn man aus einem Ge-
" Stärke und Erythramylum die lösliche
so fällt man das ganze Erythramylum
Lösung bleibt. Zweitens, wenn eine
'ne rothe Farbe gibt, von der man
r von Erythramylum herrührt, so
'en. Man versetzt die Flüssigkeit
kt sich nach längerem Stehen
'wenn kein Dextrin in der
oder gelbliche Flüssigkeit
action nur von Dextrin
, Joddextrin sich in sauren
Erythramylum thut. Endlich
.uramylum, oder richtiger, die in
eine stärkere Verwandtschaft zum Jod
. aber eine geringere. Ein Gemenge von
.ulose wird mit wenig Jod roth, mit mehr Jod
. Granulose und Dextrin wird mit wenig Jod blau,
., vorausgesetzt, dass so viel Dextrin darin enthalten
dreaction noch deutlich ausfällt, nachdem man so weit
ass die durch Jod blaugefärbte Granulose sie nicht mehr

a mit dem Kochen der Stärke mit verdünnter Schwefel-
und von Zeit zu Zeit wieder Proben herausnimmt, so
a, dass nach einiger Zeit auch die rothe Reaction ver-
die Flüssigkeit sich mit Jod nicht mehr, oder nur noch
Venn man jetzt die Säure neutralisirt und die Flüssigkeit
man bemerken, dass sie süsslich schmeckt, es hat sich
ır gebildet. Versetzt man aber die filtrirte Flüssigkeit mit
ommt man noch einen Niederschlag. Wenn man diesen
f dem Filtrum sammelt, ihn in wenig Wasser wieder auf-
an, dass er, ähnlich wie das Dextrin, welches wir bisher
haben, eine gummiartige Masse darstellt, die sich aber
mehr färbt. Auch diese Substanz dreht die Polarisations-
h rechts, und sie ist in der That auch vielfältig mit dem
. belegt worden, namentlich von allen französischen
.her kommen die verschiedenen Angaben in den Lehr-
es einmal heisst: das Dextrin färbt sich mit Jod violett
ich auf das gewöhnliche käufliche Dextrin — ein anderes
las Dextrin färbt sich mit Jod roth — das bezieht sich
xtrin — und ein ander Mal heisst es: es färbt sich das
d gar nicht oder gelblich — das bezieht sich auf diese
Dextrin, die sich erst bei längerer Einwirkung der Säure
se beiden Körper, wie wir später sehen werden, sehr
inander verschieden sind, so können sie auch nicht beide

mit Oxalsäure oder Weinsäure. Sie entsteht auch durch Kochen mit Mineralsäuren, aber diese sind nicht geeignet, um sie darzustellen, denn, wenn man mit Mineralsäuren, z. B. mit verdünnter Schwefelsäure, länger kocht, ändert sich diese lösliche Stärke weiter in einen Körper um, der sich mit Jod nicht blau, sondern roth färbt, und welcher den Namen Dextrin führt. Er führt den Namen Dextrin, weil er die Polarisationsebene nach rechts dreht. Es ist dies keine ihm besonders zukommende Eigenschaft: es dreht auch die lösliche Stärke, es dreht auch ein Theil der Zuckerarten die Polarisationsebene nach rechts; aber als man diesen Körper zuerst näher untersuchte, fiel sein starkes Drehungsvermögen nach rechts hin auf, und deshalb hat man ihm den Namen Dextrin gegeben. Dieses Dextrin hat die Eigenschaft eines Gummi, es löst sich im Wasser zu einer klaren, im concentrirten Zustande klebrigen Flüssigkeit auf und wird deshalb auch in der Industrie als Surrogat für Gummi gebraucht, als Mittel zum Appretiren. Es hat einen faden Geschmack wie das Gummi, es wird wie das Gummi durch Alkohol und auch durch Eisessig aus seinen wässerigen Lösungen herausgefällt u. s. w. Es wird für den technischen Gebrauch in verschiedener Weise dargestellt. Ehe der jetzt am meisten verbreitete Process der Dextrinfabrikation, bei dem die Stärke mit 5 bis 10 pro Mille Kieselfluorwasserstoffsäure angesäuert wird, in Gebrauch kam, ward es zuerst einfach durch Rösten der Stärke dargestellt: das war das Dextrin, das für gewöhnlich in den Handel kam und zum Appretiren gebraucht wurde. Es ward die Stärke entweder in Trommeln, ähnlich denen, welche man zum Kaffeebrennen braucht, oder in andern Vorrichtungen geröstet, bis sie sich bräunte und bis sie im Wasser löslich ward. Dieses Dextrin war ein Gemenge aus Cellulose, aus Erythrogranulose, aus löslicher Stärke und aus Dextrin. Da es noch grosse Mengen von löslicher Stärke enthielt, so färbte es sich in der Regel in seinen wässerigen Lösungen mit Jod blau oder violett. Reiner war ein anderes Dextrin, welches in Frankreich nach der Angabe von Payen bereitet wurde. Man rührt, um es zu bereiten, zuerst die Stärke mit kleinen Mengen von verdünnter Salpetersäure zu einem Brei an und formt daraus flache Kuchen: diese werden getrocknet und, nachdem man sie zerkleinert, schwach geröstet. Wenn Sie solches Dextrin mit sehr verdünnter Jodlösung (man wendet für alle diese Versuche am besten eine Lösung von Jod in reinem Wasser an) versetzen, so sehen Sie, dass es sich schön roth färbt. Je reiner das Dextrin ist, je mehr es von löslicher Stärke frei ist, um so mehr färbt es sich roth, je mehr lösliche Stärke noch darin enthalten ist, um so mehr färbt es sich violett. Diese Farben fallen aber bei Gemengen von Dextrin und löslicher Stärke verschieden aus, je nachdem man viel oder wenig Jod hinzusetzt. Wenn man sich eine Lösung von Jod in destillirtem Wasser bereitet, und davon zu einem Gemenge von Dextrin und löslicher Stärke hinzusetzt, so färbt sich zuerst die Flüssigkeit rein blau: wenn man aber dann mit Wasser weiter verdünnt, so dass das Blau blass wird, und setzt nun noch einen Tropfen Jodlösung hinzu u. s. w., so kommt man zuletzt an einen Punkt, wo in der blassblauen Flüssigkeit auf Zusatz der Jodlösung nicht mehr eine blaue, sondern eine rothe Wolke entsteht. Das beruht einfach auf Folgendem: Die lösliche Stärke hat eine viel grössere Verwandtschaft zum Jod als das Dextrin: so lange also wenig Jod da ist, nimmt die lösliche

Stärke alles Jod für sich in Anspruch: erst wenn sie sich mit dem Jod vollständig zu Jodstärke verbunden hat, dann geht bei weiterem Zusatz von Jodlösung das Jod an das Dextrin und bringt nun die rothe Färbung hervor. Es ist leicht, das Erythramylum, das früher immer mit dem Dextrin verwechselt ist und für ein Umwandlungsproduct der Stärke gehalten wurde, von dem Dextrin zu unterscheiden. Wenn man aus einem Gemenge von Dextrin, löslicher Stärke und Erythramylum die lösliche Stärke durch Gerbsäure ausfällt, so fällt man das ganze Erythramylum mit aus, während das Dextrin in Lösung bleibt. Zweitens, wenn eine zu untersuchende Lösung mit Jod eine rothe Farbe gibt, von der man im Zweifel ist, ob sie von Dextrin oder von Erythramylum herrührt, so kann man dies folgendermassen entscheiden. Man versetzt die Flüssigkeit reichlich mit Jod und säuert an; dann senkt sich nach längerem Stehen das ganze Erythramylum zu Boden, und wenn kein Dextrin in der Flüssigkeit ist, so bleibt darüber eine ungefärbte oder gelbliche Flüssigkeit stehen, während umgekehrt, wenn die rothe Reaction nur von Dextrin herrührt, kein Niederschlag entsteht, indem das Joddextrin sich in sauren Auflösungen nicht ausscheidet, wie es das Erythramylum thut. Endlich hat, wie wir gesehen haben, das Erythramylum, oder richtiger, die in ihm enthaltene Erythrogranulose, eine stärkere Verwandtschaft zum Jod als die Granulose, das Dextrin aber eine geringere. Ein Gemenge von Granulose und Erythrogranulose wird mit wenig Jod roth, mit mehr Jod blau, ein Gemenge von Granulose und Dextrin wird mit wenig Jod blau, mit mehr Jod roth, vorausgesetzt, dass so viel Dextrin darin enthalten ist, dass die Jodreaction noch deutlich ausfällt, nachdem man so weit verdünnt hat, dass die durch Jod blaugefärbte Granulose sie nicht mehr verdeckt.

Wenn man mit dem Kochen der Stärke mit verdünnter Schwefelsäure fortfährt und von Zeit zu Zeit wieder Proben herausnimmt, so wird man finden, dass nach einiger Zeit auch die rothe Reaction verschwindet, dass die Flüssigkeit sich mit Jod nicht mehr, oder nur noch gelblich färbt. Wenn man jetzt die Säure neutralisirt und die Flüssigkeit kostet, so wird man bemerken, dass sie süsslich schmeckt, es hat sich ein Zucker in ihr gebildet. Versetzt man aber die filtrirte Flüssigkeit mit Alkohol, so bekommt man noch einen Niederschlag. Wenn man diesen Niederschlag auf dem Filtrum sammelt, ihn in wenig Wasser wieder auflöst, so findet man, dass er, ähnlich wie das Dextrin, welches wir bisher kennen gelernt haben, eine gummiartige Masse darstellt, die sich aber durch Jod nicht mehr färbt. Auch diese Substanz dreht die Polarisationsebene noch nach rechts, und sie ist in der That auch vielfältig mit dem Namen Dextrin belegt worden, namentlich von allen französischen Chemikern. Daher kommen die verschiedenen Angaben in den Lehrbüchern, indem es einmal heisst: das Dextrin färbt sich mit Jod violett — das bezieht sich auf das gewöhnliche käufliche Dextrin — ein anderes Mal heisst es: das Dextrin färbt sich mit Jod roth — das bezieht sich auf reineres Dextrin — und ein ander Mal heisst es: es färbt sich das Dextrin mit Jod gar nicht oder gelblich — das bezieht sich auf diese zweite Art von Dextrin, die sich erst bei längerer Einwirkung der Säure bildet. Da diese beiden Körper, wie wir später sehen werden, sehr wesentlich von einander verschieden sind, so können sie auch nicht beide

ohne weiters den Namen Dextrin führen, wir müssen sie deshalb durch verschiedene Namen unterscheiden. Ich will dasjenige Dextrin, das sich mit Jod roth färbt, Erythrodextrin, und dasjenige Dextrin, das sich mit Jod nicht färbt, Achroodextrin nennen. Diese beiden Körper hat schon Otto Nasse genau gekannt, der den sich mit Jod roth färbenden Dextrin, und den sich mit Jod nicht färbenden Dextrinogen nannte. Ich behalte den Namen Dextrinogen deshalb nicht bei, weil dieser Körper von allen französischen Chemikern ausnahmslos als Dextrin bezeichnet worden ist, und auch von den übrigen nicht vom Dextrin unterschieden wurde, wenn sie auch angaben, es färbe sich das Dextrin mit Jodtinctur roth.

Ausser diesem Achroodextrin befindet sich also jetzt in der Flüssigkeit noch ein Zucker, und wir nennen diesen Zucker, weil er aus der Stärke hervorgegangen ist, Stärkezucker, weil er aus dem Dextrin entstanden ist, Dextrinzucker, wir nennen ihn auch Glycose, und nennen ihn endlich im krystallisirten Zustande auch Traubenzucker, weil man ihn zuerst in dem weissen Mehle fand, welches sich auf getrockneten Weinbeeren findet. Also Stärkezucker, Dextrinzucker, Glycose und Traubenzucker sind im Wesentlichen ein und dasselbe, man macht nur den Unterschied, dass man den Namen Traubenzucker stets nur für den bereits krystallisirten Zucker nimmt, und den Namen Dextrinzucker mehr auf den unkrystallisirten Zucker, wie er z. B. im Kartoffelsyrup enthalten ist, anwendet. Man nannte diesen Zucker ursprünglich auch Krümelzucker, weil man ihn nicht wie den Rohrzucker in wohlausgebildeten Krystallen erhalten konnte. Dieser Name ist aber ungebräuchlich geworden, weil man auch den Traubenzucker durch Krystallisation aus verdünntem Weingeist in verhältnissmässig grossen und gut ausgebildeten Krystallen erhalten hat. Er hat die Zusammensetzung $C_6 H_{12} O_6$, und im krystallisirten Zustande die Zusammensetzung $C_6 H_{14} O_7$, während den beiden Dextrinen noch, wie der Stärke, die Zusammensetzung $C_6 H_{10} O_5$ zugeschrieben wird. Er ist sehr leicht in Wasser löslich und ist auch ziemlich leicht löslich in Weingeist. Er ist direct gährungsfähig, das heisst, er zerfällt unter der Einwirkung von Hefe in Kohlensäure und Alkohol, ohne vorher in einen andern Zucker überzugehen. Er geht in Alkohol schwer lösliche Verbindungen mit Kali, Kalk und Baryt ein. Er geht auch eine krystallisirte Verbindung mit Chlornatrium ein. Mit kaustischem oder kohlensaurem Kali oder Natron erwärmt, bräunt er sich, und die Lösung nimmt einen eigenthümlichen Geruch an. Er hat die Eigenschaft, alle leicht reducirbaren Metalloxyde in alkalischen Lösungen zu reduciren. Er reducirt auch die Wolframsäure und die Molybdensäure, die erstere nur in alkalischen, die letztere aber in sauren und in alkalischen Lösungen. Dieses sein Vermögen, als Reductionsmittel zu dienen, wird vielfältig angewendet, um ihn in Flüssigkeiten aufzusuchen. Man wendet zu diesem Zwecke einerseits Kupferoxydsalze an, und darauf beruht die Trommer'sche Zuckerprobe, oder man wendet Magisterium bismuthi, basisch salpetersaures Wismuthoxyd an — man kann sich auch statt dessen des Wismuthoxydhydrats bedienen — und darauf beruht die Böttger'sche Zuckerprobe. Diese beiden Proben sind nicht etwa specielle Reactionen auf Zucker, sondern sie sind nur Reductionsproben, und man muss sich, wenn man mit denselben Zucker nachweisen

will, immer überzeugen, dass nicht ausserdem anderweitige Substanzen in der Flüssigkeit sein können, welche dieselbe Reduction veranlassen.

Um die Reduction eines Kupferoxydsalzes zu erhalten, nimmt man die zuckerhaltige Flüssigkeit, setzt Kali hinzu, und dann eine verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd. Man setzt davon so lange zu, als sich der Niederschlag von Kupferoxydhydrat beim Umschütteln noch wieder auflöst. Wenn der Niederschlag anfängt, sich schwerer zu lösen oder gar schon die erste Spur einer bleibenden Trübung entsteht, hört man auf. Jeder weitere Zusatz von Kupferlösung ist der Deutlichkeit und Empfindlichkeit der Probe abträglich. Der durch die stattfindende Reduction erzeugte Niederschlag zeigt sich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur erst nach Stunden oder Tagen; wenn man aber erwärmt, tritt er schon bei einer Temperatur von 56⁰ bis 57⁰ C. reichlich auf und nimmt bei weiterem Erwärmen rasch zu. Er entsteht entweder von vorneherein mit rother Farbe, oder er entsteht mit gelber Farbe, die sich dann aber meist bei längerem Kochen in eine rothe umwandelt. Der gelbe Niederschlag, welcher entsteht, ist Kupferoxydulhydrat, der rothe Niederschlag ist Kupferoxydul. Wenn also der gelbe Niederschlag sich in einen rothen umwandelt, so geschieht dies dadurch, dass beim längeren Kochen das Kupferoxydulhydrat sein Wasser verliert. Wir werden später, wenn wir von der Aufsuchung des Zuckers im Harne sprechen, noch ausführlicher wiederum auf diese Probe zurückkommen.

Wenn man die Böttger'sche Probe anstellen will, so fügt man zu der Flüssigkeit gleichfalls zuerst Kali und dann nimmt man eine kleine Portion von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd und schüttet dasselbe hinein. Man muss die Portion um so kleiner nehmen, je kleiner die Menge von Zucker ist, welche man erwartet. Denn da eine kleine Menge von Zucker nur eine kleine Menge von Wismuthoxyd reducirt, so wird durch den Ueberschuss die charakteristische dunkle Färbung verdeckt. Beim Kochen wird die Flüssigkeit rauchig, beim Stehen klärt sie sich, und es setzt sich dann ein schwarzes Pulver, Wismuthmetall, zu Boden. Bisweilen ist, auch wenn man eine kleine Menge von Wismuthsalz genommen hat, das Pulver, welches sich an den Boden setzt, nicht schwarz, sondern grau. Das ist ein Zeichen, dsss die Menge von Zucker, welche vorhanden ist, sehr gering war. Es hat sich dann kein Wismuthmetall gebildet, sondern nur Wismuthoxydul. Wenn gar kein Zucker und überhaupt keine das Wismuthoxyd reducirenden Substanzen in der Flüssigkeit vorhanden sind, so färbt sich das Pulver nicht grau, sondern gelb von gebildetem Wismuthoxyd. Die Böttger'sche Probe bedarf aber einer Gegenprobe: denn es wäre ja möglich, dass der schwarze Körper, der sich bildet, nicht Wismuthmetall wäre, sondern Schwefelwismuth, das sich in Folge der Zersetzung irgend einer schwefelhaltigen Substanz in der Flüssigkeit gebildet hat. Um sich zu überzeugen, nimmt man eine neue Probe der Flüssigkeit, setzt wieder Kalilösung hinzu und fügt dann eine ganz kleine Portion fein gepulverter Bleiglätte oder einen Tropfen von der Lösung eines Bleisalzes hinzu und kocht damit. Wenn die Flüssigkeit ungefärbt bleibt, und sich auch das Pulver nicht färbt, so ist kein derartiger Körper in der Flüssigkeit. Denn wenn ein solcher in der Flüssigkeit wäre, so müsste sich gerade so, wie sich Schwefelwismuth gebildet hat, auch Schwefelblei bilden.

Wir haben gesehen, dass die Stärke beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zuerst in lösliche Stärke übergeht, dann in Erythrodextrin, dann in Achroodextrin und endlich in Zucker. Alle diese Körper drehen die Polarisationsebene nach rechts. Schon die lösliche Stärke thut dies, und zwar in noch höherem Grade als das Dextrin, welches davon seinen Namen hat. Auch der Stärkezucker, der aus dem Dextrin entsteht, dreht rechts. Da wir mit dieser Eigenschaft noch öfter zu thun haben werden, und wir das Drehen der Polarisationsebene nach rechts oder links als Unterscheidungsmittel für verschiedene Zucker gebrauchen, so müssen wir etwas näher darauf eingehen.

Wenn wir geradlinig polarisirtes Licht in eine sogenannte inactive Flüssigkeit, das heisst in eine Flüssigkeit, welche die Polarisationsebene nicht dreht, hineintreten lassen, so bleibt die Polarisationsebene, wie sie war: wenn dagegen die Polarisationsebene von der Flüssigkeit nach rechts oder nach links gedreht wird, so wird die Ebene in eine windschiefe Fläche umgewandelt, und zwar wird die Polarisationsebene, wenn die Flüssigkeit nach links dreht, eine nach links windschiefe Fläche, und wenn die Flüssigkeit nach rechts dreht, eine nach rechts windschiefe Fläche. Dies ermitteln wir durch die Polarisationsapparate für Flüssigkeiten, von denen einer der einfachsten der Mitscherlich'sche ist. Er besteht im Wesentlichen aus einer für die Aufnahme der Flüssigkeit bestimmten, zwei Decimeter langen Röhre, die zwischen einem festen und einem drehbaren Nicol'schen Prisma aufgestellt ist. Zunächst der Lichtquelle und dieser zugewendet befindet sich das feste Nicol'sche Prisma, aus dem das Licht geradlinig polarisirt herauskommt, und dann durch eine Sammellinse in das für die Aufnahme der Flüssigkeit bestimmte, an beiden Enden mit planparallelen Glaswänden versehene Messingrohr geleitet wird. Aus diesem gelangt es durch ein zweites, drehbares Nicol'sches Prisma zum Auge. Dieses zweite Nicol'sche Prisma trägt einen mit ihm fest verbundenen Zeiger, der, wenn man es um seine Axe dreht, an einem Gradbogen den Werth der Drehung angibt. Der Zeiger ist von Hause aus so fixirt, dass bei der Stellung auf Null die Schwingungsebenen der beiden Nicol'schen Prismen senkrecht auf einander stehen, so dass man also, wenn man den Zeiger auf Null stellt, für den Fall, dass die Flüssigkeit nicht dreht, dunkles Sehfeld hat. Ich will jetzt annehmen, das Licht, in dem beobachtet werden soll, sei monochromatisches Licht. Sie können sich auf die leichteste Weise gelbes und rothes monochromatisches Licht verschaffen, gelbes monochromatisches Licht, indem Sie den Docht einer Spirituslampe mit Kochsalz einreiben, oder wenn Sie über Gas disponiren, den Gasbrenner da, wo das Gas ausströmt, mit etwas kohlensaurem Natron bestreichen, so dass die Flamme des Gases, welche Sie so regulirt haben, dass sie an und für sich wenig leuchtend sein würde, jetzt mit der gelben Farbe des Natrons brennt, endlich sehr zweckmässig dadurch, dass Sie in die lichtlose Flamme des Brenners eine vorher durch vorsichtiges Schmelzen bereitete Kochsalzperle hineinhängen. Rothes, nahezu monochromatisches Licht können Sie sich verschaffen, indem Sie vor dem ersten oder hinter dem zweiten Nicol ein mit Kupferoxydul roth überfangenes Glas anbringen und dann nach einer beliebigen Lichtquelle visiren. Wir wollen annehmen, Sie wendeten gelbes monochromatisches Licht an; dann ist, wenn sich in der Röhre eine Dextrin- oder Stärkezuckerlösung befindet,

bei der Stellung des Zeigers auf Null das Sehfeld nicht dunkel. Sie müssen erst mehr oder weniger nach rechts drehen, damit es dunkel werde, weil die Schwingungsebene, also auch die Polarisationsebene beim Austritte des Lichtes nicht mehr dieselbe ist, wie beim Eintritte. Sie hat ihre Lage verändert in dem Sinne, in dem der Zeiger an der Uhr seine Lage verändert, das heisst: die Flüssigkeit dreht nach rechts. Würde sie sie im entgegengesetzten Sinne verändert haben, so würde man sagen: die Flüssigkeit dreht nach links.

Die Anzahl von Graden, um welche Sie nach rechts drehen müssen, um dunkles Sehfeld zu erhalten, ist erstens abhängig von der Länge des Rohres: denn da Sie sich die Polarisationsebene in demselben als eine windschiefe Fläche, die beim Fortschreiten in der Richtung des Rohres ihre Natur nicht ändert, zu denken haben, so hätten Sie, wenn das Rohr nur halb so lang wäre, auch nur die halbe Ablenkung. Weiter ist die Drehung abhängig von der Concentration der Flüssigkeit, das heisst von der Menge der activen Substanz, die in einem Liter derselben enthalten ist, und von der Wirksamkeit dieser activen Substanz, vom sogenannten specifischen Drehungsvermögen. Letzteres wird durch einen Winkel $[\alpha]$ ausgedrückt, der gleich ist $\frac{a}{ld}$, wenn man mit a den direct abgelesenen Winkel, mit l die Länge des Rohres und mit d die Concentration bezeichnet. Da also $d = \frac{a}{[\alpha]\, l}$ ist, so kann man, wenn $[\alpha]$ bekannt ist, die Concentration aus der Drehung bestimmen, und $[\alpha]$ ermittelt man wieder, indem man die durch eine Lösung von derselben Substanz und bekannter Concentration hervorgebrachte Drehung bestimmt. Es muss letzteres aber bei demselben Lichte geschehen, bei dem man die Concentrations-Bestimmungen vornehmen will, weil sich $[\alpha]$, das specifische Drehungsvermögen, mit der Farbe des Lichtes ändert. Ausserdem ist die Temperatur zu berücksichtigen, und bei manchen Substanzen wird die Arbeit dadurch sehr erschwert, dass sich ihr specifisches Drehungsvermögen nach der Auflösung noch ändert. Es wird aber dann nach längerem Stehen, beziehungsweise durch Erwärmen, constant. Eine Erschwerung und Einschränkung haben diese Bestimmungen in neuerer Zeit auch durch die Erfahrung gefunden, dass der Werth von $[\alpha]$ nicht unabhängig von der Concentration ist, sondern sich bei manchen Substanzen sogar beträchtlich mit derselben ändert.

Wenn Sie nicht monochromatisches Licht, wenn Sie gewöhnliches Tageslicht oder Kerzenlicht anwenden, so werden die verschiedenen Farben, je nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit, mehr oder weniger stark abgelenkt. Daraus folgt, dass Sie, Sie mögen drehen, wie Sie wollen, niemals einen Stand des Zeigers finden, bei dem Sie absolut dunkles Sehfeld haben. Die Helligkeit ändert sich, sie nimmt erst ab und sie nimmt dann wieder zu; dazwischen liegt eine Reihe von Farben, durch die Sie hindurchgehen. Dabei kommen Sie auf eine Farbe, welche eine verhältnissmässig geringe Lichtintensität hat, ein Purpurviolett, das, wenn man um sehr wenig nach der einen Seite dreht, gleich in Blau, und wenn man nach der andern Seite dreht, gleich in Roth übergeht. Wegen der Empfindlichkeit, welche diese Farbe zeigt, wegen der

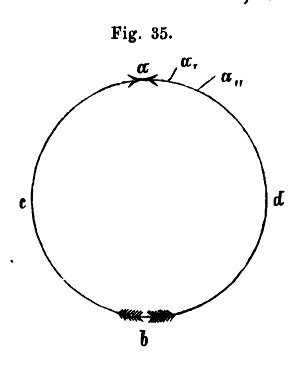
Leichtigkeit, mit der sie bei geringer Verstellung das eine Mal in Blau, und das andere Mal in Roth übergeht, benützt man sie, wenn man mit nichtmonochromatischem Lichte arbeitet, zum Einstellen, und man benennt sie mit dem Namen der Uebergangsfarbe, der Teinte de passage.

Wenn Sie lösliche Stärke, die beiden Dextrine und Zucker untersuchen, so finden Sie, dass diese in verschiedenem Maasse drehen, und dass die specifische Drehung um so grösser ist, je näher Sie sich noch an der Stärke befinden, so dass also die specifische Drehung des Körpers bei der Einwirkung der Säure, während welcher die lösliche Stärke in Dextrin, das Dextrin in Achroodextrin und das Achroodextrin in Zucker umgewandelt wird, abnimmt. Ich muss Ihnen beiläufig bemerken, dass die Zahlen, welche für das specifische Drehungsvermögen des Dextrins in den Lehr- und Handbüchern stehen, nur bedingten Werth haben, weil die Reindarstellung der einzelnen Dextrine, von denen einige Chemiker noch mehr als zwei unterscheiden, kaum jemals vollständig gelungen sein mag.

Wir werden später bei der Bestimmung des Zuckers im Harne noch auf die verschiedenen Polarisationsapparate zurückkommen. Ich will hier nur kurz auf die Erklärung eingehen, welche Fresnel von unserer Erscheinung gegeben hat.

Ich muss auf etwas zurückkommen, was wir bereits in der Einleitung (S. 30 und 31) beschrieben haben, nämlich darauf, dass einerseits ein geradlinig polarisirter Strahl zerlegt werden kann in zwei circular polarisirte Strahlen mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung, und dass also andererseits die beiden circular polarisirten Strahlen auch wieder zu einem geradlinig polarisirten Strahle zusammengesetzt werden können. Jetzt denken Sie sich, Sie hätten zwei circular polarisirte Strahlen Fig. 35 mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung: sie sollen in solchen Phasen gegen einander stehen, dass in a und in b die Impulse entgegengesetzt gegen einander gerichtet sind, und dass in c und in d die Impulse gleichgerichtet sind. So lange nun diese beiden Strahlen sich in einer Flüssigkeit, beide mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, werden die Impulse nach jedem Umlaufe immer wieder so zusammenkommen, dass sie in a und in b entgegengesetzt und in c und d gleich gerichtet sind. Wenn ich deshalb diese Strahlen irgendwo in einem Nicol'schen Prisma auffange, so dass sie wieder in eine Schwingungsebene eintreten müssen, so werde ich die volle Lichtstärke immer dann haben, wenn die Schwingungsebene in ab liegt, und ich werde die Lichtstärke Null haben, wenn die Schwingungsebene in der Richtung cd liegt. Nun denken Sie sich aber, dass der eine Strahl dem andern vorausliefe, dass er sich schneller fortpflanzte als der andere, so wird nach einer grösseren oder geringeren Anzahl von Umläufen der Punkt a, in dem die Impulse gerade entgegengesetzt waren, nach $a_{,}$ gerückt, nach weiteren Umläufen wird er nach $a_{,,}$ verrückt sein, und so wird er bei jedem neuen Umlaufe sich immer weiter verschieben, und so wird die Polarisationsebene in eine windschiefe Fläche verwandelt.

Fig. 35.



Ich muss also auch jetzt, wenn ich absolute Dunkelheit haben will, das Nicol'sche Prisma in eine neue Lage bringen, und die Drehung wird um so grösser sein, je länger das Rohr ist, je grösser also die Anzahl von Umgängen ist, welche die beiden Strahlen gemacht haben. Das Entgegengesetzte findet natürlich statt, wenn der andere Strahl derjenige ist, welcher sich schneller fortpflanzt; dann wird nicht mehr, wie ich es hier gezeichnet habe, eine Drehung der Polarisationsebene nach rechts stattfinden, sondern es wird umgekehrt eine Drehung der Polarisationsebene nach links stattfinden.

Eine analoge Veränderung der Stärke, wie wir sie durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure hervorgebracht haben, lässt sich auch noch auf ganz anderem Wege hervorbringen. In den Knospen und in keimenden Samen entwickelt sich eine ihrem Wesen nach noch wenig bekannte Substanz, welche man mit dem Namen Diastase belegt, und unter deren Einfluss sich die Stärke, welche in die Samen eingelagert ist, in Dextrin und Zucker umwandelt. Dieselbe Substanz benützen wir, um zu technischen Zwecken Stärke und Dextrin in Zucker umzuwandeln. Wir lassen Gerste keimen und trocknen, wir nennen dieses Product Malz und verwenden es zur Umwandlung von Stärke in Dextrin und Zucker, indem wir das Malz, wie es in der Bierbrauerei geschieht, direct benützen, oder, wie wir es zu Laboratoriumszwecken thun, indem wir das Malz mit Wasser ausziehen und diesen wässerigen Auszug anwenden. Es geht die Umwandlung in der Kälte sehr langsam von statten, steigert sich aber bis zu einem gewissen Grade mit der Steigerung der Temperatur und erreicht ihr Maximum, wenn die Temperatur zwischen 60° und 75° ist. Erhitzt man dann weiter bis zum Sieden, so zerstört man die Wirksamkeit der Diastase, und es findet nun keine Umwandlung mehr statt. Darauf beruht es, dass, wenn man einen Auszug von Malz mit gekochter Stärke zusammenbringt, in dieser sich in der Kälte die Stärkereaction sehr lange erhält. Wenn man aber langsam und vorsichtig erwärmt, so tritt die Wirkung bald ein, die Stärkereaction verschwindet, es findet sich nachher Dextrin und Zucker in der Flüssigkeit. Wenn man aber das Ganze sehr rasch zum Kochen bringt, so findet sich trotz längeren Kochens die Stärkereaction noch, weil man durch die zu hohe Temperatur die Wirksamkeit der Diastase zerstört hat, noch ehe die Umwandlung vollendet war. Der Process geht hier nicht ganz so, aber doch einigermassen ähnlich von statten, wie beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure. Zuerst wird die Granulose umgewandelt. In Folge davon bekommt man schon nach kurzer Einwirkung, wenn man Jodtinctur zu der Flüssigkeit hinzusetzt, keine blaue, sondern nur eine rothe Farbe. Diese rothe Farbe rührt einerseits her von dem Körper, welchen wir mit dem Namen Erythramylum bezeichnet haben, dem Reste der Stärke, welcher aus Cellulose und aus der mit ihr verbundenen und schwerer als die Granulose umwandelbaren Erythrogranulose besteht. Ausserdem kann aber auch die rothe Farbe von Erythrodextrin herrühren, wenn sich solches in einiger Menge in der Flüssigkeit befindet. Das hängt von der Menge der Diastase ab, welche man angewendet hat. Wenn man eine zu geringe Menge von Diastase angewendet hat, häuft sich das Erythrodextrin in der Flüssigkeit an; wenn man die Diastase in hinreichender Menge angewendet hat, wird das gebildete Erythrodextrin gleich wieder in Achroodextrin und

Zucker umgewandelt. Wenn man die Diastase noch länger einwirken lässt, und dann die Flüssigkeit wieder mit Jod prüft, so bekommt man auch keine rothe Reaction mehr, sondern die Flüssigkeit färbt sich nur noch gelb. Es bleibt zwar noch ein Rest von der Stärke zurück, aber dieser Rest besteht ausschliesslich aus Cellulose. Es wird also sowohl die Granulose, als auch die Erythrogranulose durch die Diastase vollständig in Dextrin und Zucker umgewandelt; aber man findet auch, wenn man diesen Process noch längere Zeit fortführt, immer noch grosse Mengen von Achroodextrin in der Flüssigkeit. Es führt uns diese Wahrnehmung zu einer sehr wichtigen Controverse, der wichtigsten, welche in der Theorie dieser ganzen Umwandlungen existirt. Die gangbare Vorstellung war die, dass durch die Diastase die Stärke in Dextrin und das Dextrin wieder in Zucker umgewandelt werde. Gegen diese Anschauung ist aber Musculus aufgetreten, der sagt: Das Dextrin wird durch Diastase nicht in Zucker umgewandelt. Er versteht dabei unter Dextrin nur das Achroodextrin. Er sagt: Die Stärke zerfällt in Dextrin — in unser Achroodextrin — und in Zucker: das ist ein Spaltungsprocess, und die Diastase hat weiter auf das Achroodextrin keinen Einfluss mehr. Allerdings, sagt er, ist es wahr, dass bei der Gährung nach und nach nahezu die ganze Masse in Alkohol umgewandelt werden kann: das beruht aber nicht mehr auf der Einwirkung der Diastase, sondern auf einem Zersetzungs- oder Umwandlungsprocesse, den das Achroodextrin später während der Gährung durch die Gährung erleidet. Mehrere Chemiker haben diese Ansicht verworfen und sind bei der früheren geblieben: aber eines kann nicht bestritten werden, dass nämlich die Wirkung der Diastase auf das Achroodextrin eine ausserordentlich geringe ist. Die Diastase wirkt auf die Stärke, sowohl im aufgequollenen als im auflöslichen Zustande, mit der grössten Energie; sie wirkt mit nicht geringer Energie auf das Erythrodextrin, die rothe Reaction verschwindet in ganz kurzer Zeit, wenn man dasselbe mit einer warmen Diastaselösung zusammenbringt. Ganz anders aber verhält sich das Achroodextrin. Ich habe ein paar Versuche darüber angestellt, unter andern einen in folgender Weise. Ich mass von einer Lösung von Achroodextrin zwei Portionen ab, und ebenso von einem Malzauszuge. Ich hatte also vier Flüssigkeitsportionen, von denen je zwei gleichartig waren. Zwei ungleichartige goss ich zusammen, so dass ich nun nur drei Flüssigkeitsportionen in drei Gläsern hatte; alle drei Gläser setzte ich in ein Wasserbad von 60° C. und liess sie drei Stunden darin. Wenn die Diastase eine bedeutende Wirkung gehabt hätte, so hätte hier in kurzer Zeit das Achroodextrin schwinden und in Zucker umgewandelt werden müssen. Das war aber durchaus nicht der Fall. Denn, als ich nach drei Stunden den Inhalt des Glases, in dem die Mischung stattgefunden, in eine gemessene Quantität Alkohol hineingoss und gleichzeitig den Inhalt der beiden getrennten Gläser in ein anderes Gefäss, das eine gleiche Quantität Alkohol enthielt, so wog der Niederschlag von Achroodextrin im ersteren Gefässe 1,343, im zweiten 1,427 Gramm. Es war also nur wenig Dextrin zerstört worden. Es muss auch erwähnt werden, dass der beim Malzprocess zunächst auftretende Zucker nicht der vorhergenannte Stärkezucker ist, sondern ein anderer, der sich zunächst dadurch unterscheidet, dass er eine wesentlich geringere Menge von Kupferoxyd zu Oxydul reducirt,

— etwa nur 66 bis 67 gegen 100 vom gewöhnlichen Stärkezucker reducirte Gewichtstheile — ferner dadurch, dass er die Polarisationsebene bedeutend stärker nach rechts dreht. Nach E. Meissl gab eine Lösung von 4,95 pCt. bei 15° C. $[\alpha] = 138,67$. Der Werth nimmt mit wachsender Concentration und steigender Temperatur ab. Frisch bereitete Lösungen haben nicht das richtige Drehungsvermögen. Erst nach 10 bis 12 Stunden ist dasselbe erreicht. Man nennt diesen Zucker Maltose und gibt ihm die Formel $C_{12} H_{22} O_{11}$.

Ich muss diese Dinge hier mit solcher Ausführlichkeit durchnehmen, einerseits, weil sie uns für die Bereitung eines unserer gebräuchlichsten Getränke interessiren, für die Bereitung des Bieres, und andererseits, weil wir auf dieselben Dinge bei der Verdauung zurückkommen werden, bei der Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker im Darmkanale.

Wir haben uns bisher mit demjenigen Kohlehydrate beschäftigt, welches für unsere Ernährung das wichtigste ist, mit der Stärke und mit deren Umwandlungsproducten. Es reihen sich dieser nun einige Substanzen an, welche uns auch zur Nahrung dienen. Unter diesen steht der Stärke am nächsten der stärkemehlartige Körper im isländischen Moos, in der Cetraria islandica, das sogenannte Lichenin. Es wird von uns für gewöhnlich nicht genossen, wohl aber wird es benützt als Ernährungsmittel für Kranke, und namentlich in früheren Zeiten wurde es an Brustkranke vielfältig verabreicht. Man gewinnt das Lichenin, indem man die Cetraria islandica wenigstens vierundzwanzig Stunden mit einer sehr verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron macerirt. Dadurch wird eine bittere Substanz aus derselben ausgezogen, welche man hinterher mittelst Wasser sammt dem kohlensauren Natron auswäscht. Die so behandelte Flechte wird dann zerkocht und die Flüssigkeit, welche man durch Kochen erhält, wird durch ein Tuch geseiht. Wenn sie hinreichend concentrirt ist, gesteht sie in der Kälte zu einer Gallerte. Wenn man sich das Lichenin reiner verschaffen will, fällt man es aus einer wässerigen Lösung mit Alkohol. Man kann es dann auf dem Filtrum sammeln, und erhält es als ein weisses Pulver, welches die Zusammensetzung der Stärke hat, und sich mit Jod blau färbt.

Eine andere der Stärke nahestehende Substanz, eine Substanz, die sich in ihren Eigenschaften zwischen Stärke und Erythrodextrin stellt, und welche für uns von grossem physiologischen Interesse ist, ist das sogenannte Glycogen. Das Glycogen wurde gleichzeitig von Bernard und Hensen in der Leber entdeckt. Es ist ein weisses, der Stärke ähnliches Pulver, das sich mit Jod nicht blau, sondern roth färbt, wie das Erythrodextrin. Es gibt aber nicht, wie das Erythrodextrin, mit Wasser klare Lösungen, sondern die verdünnten Lösungen sind opalisirend, die concentrirteren milchig trübe. Es wird durch Alkohol, durch Eisessig aus seinen wässerigen Lösungen gefällt, ganz wie das Dextrin und die Gummiarten. Durch Gerbsäure wird es aus seinen sauren, und bei grossem Ueberschuss derselben auch aus seinen ursprünglich neutralen Lösungen gefällt. Auch von essigsaurem Blei, das man mit Ammoniak versetzt hat, wird es niedergeschlagen. Dieses Glycogen, welches man, weil es zuerst in der Leber gefunden wurde, auch als Leberglycogen bezeichnete, und das bei Behandlung mit Säuren in ähnlicher Weise in

Zucker übergeht, wie die Stärke und das Erythrodextrin, kommt nicht allein in der Leber vor, sondern auch in den Muskeln, in der mütterlichen Placenta, dann in den embryonalen Geweben reichlicher als in den fertigen Geweben, so dass es im Embryo in einzelnen Partien, namentlich in der Anlage der Hufe und Klauen der Thiere, in der Anlage der Lunge in sehr grosser Menge abgelagert ist und daraus später vollständig oder nahezu vollständig verschwindet. Wir nehmen das Glycogen zu uns erstens in der Leber, zweitens im Muskelfleische, und zwar um so mehr, je frischer das Fleisch in den Kessel kommt, denn nach dem Tode ändert sich das Glycogen sehr bald in Zucker, und der Zucker in Milchsäure um. Auch in den Austern und anderen Schalthieren ist Glycogen in beträchtlicher Menge enthalten und wird als solches von uns genossen.

Eine dritte hier anzureihende Substanz ist das Inulin oder Dahlin, so genannt, weil es erstens gefunden worden ist in der Wurzel von Inula Helenium, und zweitens in den Knollen der Dahlien oder Georginen. Es wird, und wurde früher häufiger als jetzt, in den sogenannten Erdbirnen, den Knollen der Helianthus tuberosus, dem Topinambur, genossen, der, ehe die Kartoffeln so verbreitet waren wie jetzt, in grosser Menge in Oesterreich angebaut wurde. Das Inulin aus dem Topinambur verhält sich übrigens etwas verschieden von dem Inulin aus der Inula Helenium. Das letztere wird aus Inula Helenium durch Kochen gewonnen. Man filtrirt, erhält eine klare Flüssigkeit, und diese setzt beim Erkalten ein Pulver ab, welches nur in geringer Menge in kaltem, aber leicht in warmem Wasser löslich ist, sich mit Jod nicht färbt, und gelöst die Polarisationsebene nach links dreht. Das Inulin aus Topinambur unterscheidet sich dadurch, dass es im Wasser löslicher ist, als das andere. Es scheint in einem physiologischen Zusammenhange mit dem Rohrzucker zu stehen. Wenn man im Herbste die Knollen des Topinambur aus der Erde nimmt, so enthalten sie verhältnissmässig wenig Zucker und grosse Mengen von Inulin, wenn man sie dagegen im Frühlinge aus der Erde nimmt, so enthalten sie viel weniger Inulin, dafür aber eine sehr grosse Menge von Zucker, und dieser Zucker ist nicht Traubenzucker, sondern Rohrzucker.

Es sind hier ferner die Gummiarten anzureihen. Wir theilen die Gummiarten, welche im Handel vorkommen, ein in solche, welche Arabin enthalten, und in solche, welche aus Bassorin bestehen. Die ersteren sind die, welche mit Wasser klare Lösungen bilden, die andern diejenigen, welche im Wasser nur zu einem Schleime aufquellen. Man bezeichnet auch die ersteren Gummiarten als arabischen Gummi, die anderen als Tragantgummi. Das Arabin kommt auch mit anderen Substanzen verunreinigt in unserem gewöhnlichen einheimischen Kirschgummi vor. Es löst sich in Wasser zu einer klebrigen Flüssigkeit auf, dreht die Polarisationsebene nach links, und wird durch Alkohol aus seinen Lösungen ausgefällt, so lange es in seiner Verbindung mit Kalk, wie im natürlichen arabischen Gummi, darin enthalten ist. Auch durch Eisessig werden Gummilösungen gefällt. Sowohl das Arabin als das Bassorin dienen zwar nicht bei uns, aber in Afrika sehr häufig zur Nahrung. Auch in dem Zuckerwerk des Orients, welches bis hieher verführt und auch hier genossen wird, ist Arabin in beträchtlicher Menge enthalten.

Wir haben noch verschiedene Zuckerarten anzureihen, zunächst unseren gewöhnlichen Rohrzucker, oder wie man jetzt sagen sollte, Rübenzucker. Chemisch unterscheidet sich der Rohrzucker vom Rübenzucker nicht. Man gibt ihm die Formel $C_{12} H_{22} O_{11}$. Er krystallisirt in grossen und gut ausgebildeten Krystallen, dreht die Polarisationsebene nach rechts und unterscheidet sich vom Traubenzucker dadurch, dass er die gewöhnlichen Zuckerproben nicht gibt. Er bräunt sich nicht beim Kochen mit Kali, und er reducirt auch nicht direct Kupferoxyd, Wismuthoxyd u. s. w. in alkalischen Lösungen. Ferner ist er auch nicht direct gährungsfähig. Wir bringen ihn zwar vielfältig zum Vergähren, aber dann muss er vorher eine Veränderung eingehen, welche man mit dem Namen der Inversion bezeichnet. Er zerfällt nämlich vorher in zwei Zucker, in einen rechtsdrehenden, den gewöhnlichen Traubenzucker, und einen linksdrehenden unkrystallisirbaren Zucker, welchen wir mit dem Namen des Fruchtzuckers bezeichnen, weil er in den süsssauren Früchten vorkommt. Diese Inversion können wir immer rasch eintreten lassen dadurch, dass wir den Rohrzucker mit einer verdünnten Säure erwärmen. Dann entstehen die beiden erwähnten Zucker, der Traubenzucker und der Fruchtzucker, und da beide sich mit Kali bräunen, da beide die Trommer'sche und die Böttger'sche Zuckerprobe geben, so hat man hierin ein Mittel, um auch den Rohrzucker in Flüssigkeiten mittelst dieser Proben nachzuweisen. Man überzeugt sich zunächst, dass die Lösung nicht direct reducirt, dann setzt man zu einer neuen Probe etwas Salzsäure und erwärmt. Dann übersättigt man wieder mit Kali und stellt die Zuckerproben an: tritt nun Reduction ein, so kann man, wenn die Gegenwart anderer durch die verdünnte Säure leicht zersetzbarer Körper, von denen eine reducirende Substanz abgespaltet werden könnte, ausgeschlossen ist, auf Rohrzucker schliessen.

Wenn der Rohrzucker vergähren soll, so muss er, wie gesagt, sich vorher in rechtsdrehenden Traubenzucker und in linksdrehenden Fruchtzucker spalten, und diese vergähren dann beide nach einander. Der Stärkezucker gährt aber viel leichter als der Fruchtzucker, und daher geschieht es, dass zuerst während der Gährung, wenn man Proben herausnimmt, und im Polarisationsapparate untersucht, die Drehung immer weiter nach links geht: dann aber erreicht die Linksdrehung ihr Maximum, sie fängt an, langsam zurückzugehen, und kommt endlich wieder auf Null zurück. Der Zeitpunkt, wo sie das Maximum erreicht hat, war derjenige, in welchem der rechtsdrehende Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure zerfallen war, der Fruchtzucker aber noch nicht vergohren war: dann kommt der Fruchtzucker an die Reihe, und wenn auch dieser ganz zerfallen ist, dann ist das Drehungsvermögen der Flüssigkeit Null, und die Gährung ist beendigt.

Eine wesentliche Rolle unter den Nahrungsmitteln spielt ferner noch der Milchzucker, der heutzutage in den Sennereien der Schweiz fabriksmässig gewonnen wird. Man gibt ihm die Formel $C_{12} H_{24} O_{12}$. Er krystallisirt, dreht die Polarisationsebene nach rechts, er gibt die Zuckerproben, er ist direct gährungsfähig. Dies sind alles Eigenschaften, welche er mit dem Traubenzucker gemein hat, und in der That verhält er sich in Lösungen dem Traubenzucker sehr ähnlich. Hat man ihn aber zum Krystallisiren gebracht, so unterscheidet er sich dadurch,

dass er sowohl im Wasser, als besonders in Alkohol schwerer löslich ist als der Traubenzucker.

Ausser diesen Zuckern ist als Bestandtheil unserer Nahrung noch ein zuckerähnlicher Körper zu erwähnen, ein süssschmeckendes Kohlehydrat, welches von Scherer im Muskelfleische entdeckt worden ist und den Namen Inosit führt. Der Inosit [$C_6 H_{12} O_6 + 2 H_2 O$], der identisch ist mit dem in den grünen Bohnen (Phaseolus vulgaris) vorkommenden Phaseomannit, hat mit den Zuckern gemein, dass er ein Kohlehydrat ist, dass er süss schmeckt, dass er fähig ist, die Milchsäuregährung einzugehen. Er unterscheidet sich aber von ihnen dadurch, dass er weder direct, noch indirect die Alkoholgährung eingeht, dass er sich beim Kochen mit Kali nicht bräunt, und dass er weder die Trommer'sche, noch die Böttger'sche Zuckerprobe gibt. Es gibt aber für ihn eine andere charakteristische Reaction. Man nimmt eine kleine Portion vorher möglichst gereinigten Inosits, dampft sie, mit etwas Salpetersäure befeuchtet, auf einem Platinbleche oder in einer Porcellanschale ein, befeuchtet dann den Rückstand mit Chlorcalcium und Ammoniak und verdampft wieder; dann tritt beim Erwärmen eine rosenrothe Färbung ein. Dieselbe hält aber nur so lange an, als die Probe trocken gehalten wird. Die Farbe verschwindet an feuchter Luft, indem durch das Chlorcalcium Wasser angezogen wird, und man muss die Probe, wenn man sie längere Zeit erhalten will, in einen Trockenraum bringen, oder in einem gewärmten Raume aufbewahren.

Das sind die hauptsächlichsten der Kohlehydrate, welche Bestandtheile unserer Nahrung ausmachen. An sie schliesst sich noch das Pectin an. Das Pectin kommt in den sauren Früchten fertig gebildet vor, und auf dem Gehalte an Pectin beruht es, dass der Saft dieser sauren Früchte, wenn er eingekocht wird, gelatinirt. Ausserdem wird das Pectin aber auch in der Küche erzeugt. Es findet sich in den unreifen Früchten eine schwer lösliche Substanz, welcher man den Namen Pectose gegeben hat. Diese Pectose kommt ausserdem in vielen Wurzeln vor, in den Möhren u. s. w. Wenn man dieselbe längere Zeit, oder mit Zusatz von Säuren kürzere Zeit kocht, geht sie in das lösliche Pectin über. Man nimmt an, dass beim Reifen der Früchte das Pectin, welches später in ihnen enthalten ist, sich langsam unter dem Einflusse der Säure und eines Fermentes aus der unlöslichen Pectose bildet. Das Pectin ist kein Kohlehydrat, man gibt ihm die Formel $C_{32} H_{48} O_{32}$.

Die Fette.

Die zweite Gruppe unserer Nahrungsmittel ist die Gruppe der Fette. Es dienen uns im Allgemeinen alle neutralen Glycerinfette zur Nahrung, deren Schmelzungspunkt derart ist, dass sie in unserem Darmkanale in den flüssigen Zustand übergehen. Das ist der wesentliche Punkt; sie müssen im Magen und im Darmkanale schmelzen, damit sie in Emulsion übergehen und resorbirt werden können; denn wir werden später sehen, dass die Fette im emulgirten Zustande resorbirt werden.

Die Eiweisskörper.

Unter den stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln treten uns in erster Reihe als die wichtigsten entgegen die Eiweisskörper, und zwar nicht nur die Eiweisskörper des Thierreichs, welche wir schon zum Theile kennen gelernt haben, sondern auch die Eiweisskörper des Pflanzenreichs. Die Pflanzen enthalten ein natives Eiweiss, welches dem im Thierkörper ganz ähnlich zu sein scheint, und welches man als lösliches Pflanzeneiweiss bezeichnet; sie enthalten auch einen freiwillig gerinnenden Eiweisskörper. Im ausgepressten Pflanzensafte sieht man häufig ein grünlich gefärbtes Coagulum sich abscheiden, das aus einem Eiweisskörper besteht, der freiwillig geronnen ist, und der die Chlorophyllkörner in ähnlicher Weise eingeschlossen hat, wie beim Gerinnen des Blutes das Fibrin die Blutkörperchen einschliesst. Indem wir gewohnt sind, im Thierreiche die freiwillig gerinnenden Eiweisskörper mit dem Namen Fibrin zu bezeichnen, sowohl den freiwillig gerinnenden Eiweisskörper im Blute, als auch den in den Muskeln; so können wir auch diesen freiwillig gerinnenden Eiweisskörper mit dem Namen des Pflanzenfibrins belegen. Ausserdem existiren aber in den Pflanzen noch andere Eiweisskörper, so der Kleber in den Cerealien, und in grösster Menge im Weizen. Wenn Sie Weizenmehl in ein Tuch binden und unter Wasser auskneten, so drücken Sie nach und nach alles Amylum durch die Zwischenräume des Tuches aus, und in dem Tuche bleibt eine überaus zähe Masse, die sich in ganz dünne Schichten ausziehen lässt. Dies ist der rohe Kleber, welcher noch mehr oder weniger Amylumkörner eingeschlossen enthält, und welcher, mit heissem Weingeist extrahirt, an denselben noch stickstoffhaltige Substanzen abgibt, eine, die sich beim Erkalten des Weingeistes ausscheidet, und welche wir mit dem Namen Pflanzencasein bezeichnen, und eine, welche beim Abdampfen der abfiltrirten kalten alkoholischen Lösung zurückbleibt, und welche man mit dem Namen Glutin belegt hat. Man hat den Kleber, Gluten, auch mit dem Namen des Pflanzenfibrins belegt, aber mit Unrecht: denn wir kennen keine grössere Analogie zwischen dem Kleber und dem Fibrin, als dass der Kleber mit dem Fibrin die procentische Zusammensetzung und die allgemeinen Reactionen der Eiweisskörper theilt. Unter der Oberfläche, der Epidermis, des Korns kommt eine Schicht von Zellen vor mit gelblichen Körnchen darin, welche man früher mit dem Namen der Kleberzellen bezeichnet hat, weil man glaubte, die gelblichen Körnchen seien der Kleber. Prof. Schenk hat aber nachgewiesen, dass dies kein Kleber und überhaupt kein Eiweisskörper ist, dass der Kleber vielmehr in der ganzen Masse des inneren Kornes, des Endosperms, verbreitet ist, im Allgemeinen — nach der Millon'schen Reaction, die indessen auch das Pflanzeneiweiss gibt — in den peripherischen Partien reichlicher als in den centralen. Der Kleber hat die Eigenschaft, Wasser zu binden und sich damit in eine zähe Masse zu verwandeln, und dies ist eine Eigenschaft, welche ihn für uns besonders werthvoll macht: sie bewirkt, dass der Teig, welchen wir aus dem Mehle bereiten, zähe wird. Das blosse Amylum, mit Wasser angerührt, gibt keine zähe, sondern eine zerreissliche Masse. Beim Brodbacken wird bekanntlich in dem Brodteige Kohlensäure erzeugt, welche das Brod porös macht. Je kleberreicher nun

das Mehl ist, um so schwerer zerreisslich ist der Teig, um so poröser kann also das Brod werden; je kleberärmer der Teig ist, um so leichter können die Gasblasen entweichen, um so fester und schwerer verdaulich wird das Brod. Wenn man daher Surrogate für unser gewöhnliches Mehl nimmt, Kartoffel-, Erbsenmehl u. s. w., so muss man immer Weizenmehl zusetzen, um ein brauchbares Brod zu backen.

Ein anderer Eiweisskörper ist in grosser Menge in den Erbsen, Bohnen und Linsen enthalten, und macht eben die Samen dieser Leguminosen zu den stickstoffhaltigsten pflanzlichen Nahrungsmitteln, und somit zu denjenigen, welche die thierische Nahrung am besten zu vertreten im Stande sind. Er ist hier gemengt mit Amylum in allen Zellen eingelagert. Wenn Sie Erbsen-, Linsen- oder Bohnenmehl mit Wasser versetzen, und damit, am besten an einem warmen Orte, eine Zeitlang stehen lassen und dann filtriren, bekommen Sie ein sauer reagirendes Filtrat. Wenn Sie nun dazu noch einige Tropfen Essigsäure hinzusetzen, entsteht ein reichlicher Niederschlag, der sich auf dem Filtrum sammeln lässt, und sich als aus einem Eiweisskörper, dem Legumin, bestehend erweist. Er besitzt die procentische Zusammensetzung und die allgemeinen Reactionen der Eiweisskörper, ist aber vielleicht ein Gemenge aus mehreren verschiedenen Substanzen.

Verwendung der Nahrungsmittel im Körper.

Wir fragen uns nun nach den Verwendungen dieser verschiedenen Gruppen von Nahrungsmitteln. Was machen wir aus ihnen? Welchen Nutzen können sie uns bringen? Es ist zunächst klar, dass wir die Eiweisskörper brauchen, um auf Kosten derselben unseren Organismus aufzubauen, da ja die Hauptmasse der festen Theile unseres Organismus aus Eiweisskörpern besteht oder entsteht. Es ist klar, dass uns diese Eiweisskörper im kindlichen Alter am nothwendigsten sind, weil eben zu dieser Zeit der Körper wachsen soll, und zu keiner Zeit des Lebens rächt sich eine mangelhafte Zufuhr von Eiweisskörpern so schwer, als eben im kindlichen Alter. Aber auch im spätern Alter können wir die Eiweisskörper nicht entbehren, weil unser Lebensprocess, wie wir schon früher gesehen haben, einen nothwendigen Stickstoffumsatz mit sich bringt. Wenn wir uns stickstoffhaltige Nahrungsmittel entziehen, uns aber reichlich mit stickstofflosen ernähren, so hören dadurch die stickstoffhaltigen Ausscheidungen nicht auf. Der Harnstoff und die andern stickstoffhaltigen Bestandtheile des Harns sinken zwar in ihrer Ziffer, aber nur bis zu einem gewissen Grade: es wird binnen vierundzwanzig Stunden immer noch eine bestimmte Menge von Stickstoff ausgeführt; die Individuen magern ab, sie können sich nicht im Stickstoffgleichgewichte erhalten, auch dann nicht, wenn ihnen eine Menge von Eiweisskörpern zugeführt wird, welche so viel Stickstoff enthält, als sie im Minimum, das heisst bei reichlicher, aber stickstofffreier Kost, Stickstoff ausscheiden. Pettenkofer und Voit gelang es, wie wir oben gesehen haben, erst ihren Versuchshund im Gleichgewichte, im Beharrungszustande, in dem er weder an Gewicht zu- noch an Gewicht abnahm, zu erhalten, wenn die Menge der zugeführten Eiweisskörper $2\frac{1}{2}$mal so viel Stickstoff enthielt, als im Minimum von ihm ausgeschieden wurde.

Arbeiten wir auch auf Kosten der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, auf Kosten der Eiweisskörper? Es ist zunächst leicht einzusehen, dass wir nicht ausschliesslich auf Kosten der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel arbeiten können. Wenn man die in vierundzwanzig Stunden geleistete Arbeitsgrösse mancher Menschen und mancher Thiere evaluirt, wobei natürlich auch der Arbeit des Herzens und der Athemmuskeln nicht vergessen werden darf, und sie in Wärme umrechnet, und damit die Verbrennungswärme vergleicht, welche die Eiweisskörper, die sie binnen vierundzwanzig Stunden zu sich nehmen, geben würden, so zeigt es sich in vielen Fällen, dass die Verbrennungswärme der genossenen Eiweisskörper nur ein kleiner Bruchtheil ist von derjenigen, welche das Aequivalent der factischen Arbeitsleistung des Individuums ist. Pettenkofer und Voit sind aber durch ihre Untersuchungen sogar zu dem Resultate gekommen, dass die Eiweisskörper sich direct an der Erzeugung von Arbeit kaum betheiligen. Sie haben gefunden, dass die Stickstoffausscheidungen sich fast gar nicht verändern, gleichviel ob das Individuum, das untersucht wird, arbeitet oder ob es in Ruhe ist. Und dieses Resultat ist später von Fick bestätigt worden, der mit einem Freunde zusammen das Faulhorn bestieg und nun die Stickstoffausscheidungen bei einem solchen Marsche, und andererseits die Stickstoffausscheidungen in der Ruhe untersuchte. Es ist zwar ursprünglich bei den Versuchen von Pettenkofer und Voit nur der Harnstoff berücksichtigt worden, aber einerseits bildet der Harnstoff die Hauptmasse der stickstoffhaltigen Substanzen, welche ausgeschieden werden, und andererseits hat es sich bei späteren Versuchen gezeigt, dass wirklich, wenn man auch die stickstoffhaltigen Substanzen im Allgemeinen berücksichtigt, doch eine verhältnissmässig geringe Aenderung durch die Arbeit eintritt. Es ist dem freilich in neuerer Zeit widersprochen worden, und wesentlich auf Grund von ein paar Wetten, welche in England angestellt worden sind, Wetten, in Folge derer grosse Märsche innerhalb einer gegebenen Zeit gemacht wurden, und wo dann zugleich die Stickstoffausscheidungen untersucht und vermehrt gefunden worden sind. Ich glaube aber nicht, dass diese Wetten etwas beweisen. Sie wurden beide verloren, und höchst wahrscheinlich war Ueberanstrengung eingetreten. Die eine Wette ist folgende: Ein Herr W. hatte gewettet, 400 englische Meilen in fünf Tagen zu gehen. Er ging nur $317\frac{1}{2}$ Meilen. Er gab an den fünf Gehtagen und an den fünf späteren Tagen 722 bis 727 Grains Stickstoff aus, während er bei derselben Diät sonst nur 628 Grains Stickstoff ausgab. In diesen zehn Tagen gab er 634 Grains Stickstoff mehr ab, als er einnahm, und verlor in den ersten fünf Tagen $3\frac{3}{4}$ Pfund an Gewicht. Es ist dies offenbar ein Versuch, der für die gewöhnliche Arbeitsleistung nicht herangezogen werden kann, denn es ist bekannt, dass nach grossen körperlichen Anstrengungen, nach Anstrengungen, die bis zur Erschöpfung gehen, febrile Erscheinungen auftreten, Vermehrung der Pulszahl, Erhöhung der Temperatur, Unruhe, Schlaflosigkeit und febriler Harn. Es ist also der Eiweisszerfall, wie er hier aufgetreten ist, auch wahrscheinlich als ein pathologischer zu betrachten. Allerdings liegen von Liebig und Sarokin positive Angaben darüber vor, dass in Folge von Muskelcontractionen sich stickstoffhaltige Zersetzungsproducte, Kreatin und Kreatinin, in den Muskeln anhäufen. Dass nicht sofort eine auffällige Vermehrung der Stickstoffausscheidung

eintritt, kann davon herrühren, dass diese Producte erst nach und nach zur Ausscheidung kommen; aber jedenfalls ist ihre Gewichtsmenge zu gering, um aus der lebendigen Kraft, welche durch die entsprechende Eiweisszersetzung erzeugt werden konnte, einen bedeutenden Bruchtheil der geleisteten Arbeit abzuleiten. Nach Allem scheint es also festzustehen, dass die Arbeit im Grossen und Ganzen nicht auf Kosten der Eiweisskörper, sondern auf Kosten der stickstofflosen Substanzen geleistet wird, vorausgesetzt, dass diese dem Körper in hinreichender Menge zugeführt werden, während, wenn dies bei gesteigerter Arbeit nicht geschieht, auch Eiweisskörper in grösserer Menge zerlegt und ihre Spannkräfte zur Aufbringung der Leistung verwendet werden. Die stickstofflosen Substanzen können Fette und können Kohlehydrate sein. Dafür, dass Fette in den Muskeln bei der Arbeit verbraucht werden, haben wir bis jetzt keinen unmittelbaren Beweis. Wir wissen, dass gerade diejenigen Muskeln, welche vortrefflich, welche am besten arbeiten, die Herzmuskulatur und die Muskeln magerer, aber an Arbeit gewöhnter Individuen, wenig Fett enthalten. Da indessen der Fettmangel kein absoluter ist, so kann hieraus nicht ohne weiters geschlossen werden, dass das Fett bei der Muskelcontraction ganz unbetheiligt sei. Ueber den wirksamen Verbrauch von Fett behufs der Arbeit im Allgemeinen sind Untersuchungen mit positivem Resultate vorhanden. Kellner wurde durch combinirte Fütterungs- und Arbeitsversuche am Pferde zu dem Schlusse geführt, dass 49 pCt. der Spannkräfte des Nahrungsfettes für Zwecke der Arbeitsleistung verwerthet werden können. Mit Bestimmtheit wissen wir, dass Kohlehydrate bei der Muskelcontraction direct verbraucht werden. Im Muskel ist Glycogen und ausserdem noch eine zuckerartige Substanz, Inosit, enthalten. Von diesem Glycogen in den Muskeln hat nun Nasse schon vor längerer Zeit nachgewiesen, dass es bei der Muskelcontraction verbraucht wird. Er hat die Muskeln der einen Seite tetanisirt und die der andern Seite nicht tetanisirt, und hat beide dann auf ihren Glycogengehalt untersucht: er hat immer gefunden, dass die nicht tetanisirten mehr Glycogen enthielten. Nasse hat damals das Glycogen nicht in Substanz bestimmen können, weil es dazu an einer hinreichend genauen Methode fehlte. Er hat deshalb das Glycogen erst in Zucker umgewandelt und hat es aus dem Zucker, den es gegeben, bestimmt. Sigmund Weiss hat aber hier im Laboratorium diese Versuche wiederholt und dabei das Glycogen direct gewogen und die Nasse'schen Resultate vollständig bestätigt. Wir wissen ferner aus den Untersuchungen von du Bois, dass bei der Muskelcontraction auch Milchsäure gebildet wird, sei es aus dem Inosit oder aus dem aus Glycogen gebildeten Zucker oder aus beiden. Er hat nachgewiesen, dass der an und für sich alkalisch reagirende Muskel durch eine Reihe von aufeinanderfolgenden Contractionen saure Reaction annimmt. Wir haben also hier zum ersten Male eine Einsicht in einen Theil des chemischen Processes, durch welchen die mechanische Kraft bei der Muskelarbeit aufgebracht wird. Dass ein chemischer Process stattfindet, hatte schon früher Helmholtz nachgewiesen, indem er tetanisirte und nicht tetanisirte Muskeln nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether auszog und fand, dass in den tetanisirten Muskeln das wässerige Extract abgenommen, dagegen das Alkoholextract zugenommen hatte, was jetzt,

wenigstens theilweise, auf die Umwandlung des Glycogens zurückgeführt werden muss.

Aus dem Umstande nun, dass die Arbeit der Hauptmasse nach auf Kosten stickstoffloser Substanzen erzeugt wird, könnte man schliessen, dass ein Arbeiter, der nur so viel Eiweisskörper bekommt, als dazu gehören, einen ruhenden Menschen im Beharrungszustande zu erhalten, auch beliebig viel arbeiten könne, wenn man nur dafür sorgt, dass er mit stickstofflosen Nahrungsmitteln reichlich versehen ist. Das ist aber ein Irrthum. Die ausgedehntesten Erfahrungen sprechen dafür, dass der Arbeiter immer auch mehr Eiweisskörper in seiner Nahrung braucht, wenn er bei der Arbeit ausdauern soll, als ein ruhender Mensch. Die Erfahrungen sind zum grossen Theile sehr alt. Leute, welche sich sonst mit wenig Fleischnahrung, mit wenig stickstoffhaltiger Nahrung überhaupt, begnügt haben, so lange sie eben nicht viel zu arbeiten brauchten, haben zu allen Zeiten, wenn sie viel arbeiten sollten, eine stickstoffhaltigere Kost verlangt. Aehnliches zeigt sich bei Thieren. Den Arabern ist es seit längerer Zeit bekannt, dass sie, wenn sie Pferden ausserordentliche Leistungen zumuthen, ihnen eine stickstoffhaltigere Nahrung geben müssen, als sie ihnen sonst geben. So füttern sie Pferde, welche sie zur Straussenjagd gebrauchen, mit einer Art von Bohnen, die durch ihren Legumingehalt eine viel grössere Menge von Eiweisskörpern enthalten als die Gerste, die sonst im Oriente allgemein an die Pferde verfüttert wird. Ebenso wird von Reisenden erzählt, dass sie die Pferde mit Kameelmilch tränkten, wenn solche in hinreichender Menge vorhanden war. Auch an unseren einheimischen Pferden hat man ähnliche Erfahrungen gemacht. Es ist bekannt, dass ein sehr grosser Theil des Hafers und somit auch ein sehr grosser Theil der Stärke des Hafers ungenutzt durch den Körper des Pferdes hindurchgeht. Man ist deshalb auf die Idee gekommen, den Hafer zu Brod zu verbacken, um auf diese Weise die Stärke in Kleister und in Dextrin zu verwandeln und sie so der Verdauung leichter zugänglich zu machen. Man konnte dann mit weniger Hafer ausreichen, und es zeigte sich, dass man den Pferden am Quantum so viel abbrechen konnte, dass die Kosten des Backens gedeckt waren, und ausserdem noch ein Vortheil übrig blieb. Das ging alles ganz gut bei Luxuspferden, die nur hie und da zu kleinen Arbeitsleistungen verwendet wurden. Als man diese Brodfütterung aber auch mit Arbeitspferden anfing, zeigte es sich, dass sie weniger leisteten, dass sie bald in Schweiss geriethen, bald müde wurden. Die Pferde hatten offenbar nicht die hinreichende Menge von stickstoffhaltigen Substanzen bekommen, denn sie hatten an dem rohen Hafer die stickstoffhaltigen Substanzen leichter ausgenützt als die rohe Stärke und die Cellulose; indem sie nun aber die Stärke leichter ausnutzten, war ihnen von dem Gesammtquantum ein guter Theil abgebrochen, sie waren also mit einer geringeren Menge von stickstoffhaltigen Substanzen ernährt worden als früher, und das machte sich an ihrer geringeren Dauerhaftigkeit bemerkbar.

Ebenso hat Voit bei seinen Versuchen bemerkt, dass Hunde, welche er auf verschiedene Weise ernährte, nicht in gleicher Weise Neigung hatten, sich freiwillig zu bewegen. Diejenigen Hunde, welche er mit reichlicher, stickstoffhaltiger Kost gefüttert hatte, bewegten sich

viel mehr freiwillig, waren lebhafter und munterer als diejenigen, bei denen er einen grossen Theil der stickstoffhaltigen Nahrung durch Kohlehydrate und Fette ersetzt hatte.

Es knüpft sich hieran die Frage: Was hat man von der Lehre der sogenannten Vegetarianer zu halten, welche behaupten, dass der Mensch, um recht gesund zu werden, aufhören müsse, Fleisch zu essen. Man muss da zunächst zweierlei Arten von Vegetarianern unterscheiden, die reinen Vegetarianer, die wirklich nur Pflanzenkost zu sich nehmen, und diejenigen Vegetarianer, die nur kein Fleisch und keine Fleischbrühe nehmen, die aber Käse, Milch und Eier geniessen. Bei der letzteren Art von Vegetarianern kann man sich schon einige Zeit lang in die Kost geben. Wenn man Milch, Eier, Käse hat, so kann man damit in kurzem Wege eine hinreichende Menge von Stickstoffsubstanzen in den Organismus einführen. Anders verhält es sich aber mit den reinen Vegetarianern. Diesen kann man zu ihren guten Verdauungswerkzeugen gratuliren, wenn sie beim Essen von reiner Pflanzenkost so viel Stickstoffsubstanzen in sich hineinbringen, um sich im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten. Das ist einfach eine Frage der Quantität, es handelt sich immer darum, ob das betreffende Individuum so viel essen kann, dass es sich im Stickstoffgleichgewicht erhält und dabei noch arbeitet. Allgemein möchte ich diesen Vegetarismus nicht empfehlen, weil es doch Individuen gibt, welche nicht das hinreichende Quantum von solchen Nahrungsmitteln bewältigen und ausnützen können, und die deshalb zu Grunde gehen. Es ist erwiesen, dass unter den Wohlhabenden unseres Himmelsstriches im Allgemeinen Luxusconsumtion von Eiweisskörpern herrscht, aber dem Vegetarismus reden weder die Erfahrungen das Wort, welche wir an unserer einheimischen armen Bevölkerung machen, noch der physische Entwicklungsgang von Nationen, die wie die Hindu durch locale Anhäufung, zum Theil auch durch religiöse Vorurtheile, auf Pflanzenkost angewiesen waren.

Wir haben gesehen, dass wir die Eiweisskörper brauchen zum Aufbau unseres Organismus und zu seiner Erhaltung in seiner Masse und in seiner Leistungsfähigkeit. Wir wissen ferner, dass die Eiweisskörper die Hauptmasse derjenigen Apparate ausmachen, mit welchen wir arbeiten, nämlich der Muskeln, wenn auch bei jeder Muskelcontraction nur ein sehr kleiner Theil der Eiweisskörper des Muskels der Zersetzung anheimfällt. Wir können aber weiter auch nicht in Zweifel sein, dass bei der Zersetzung der Eiweisskörper Wärme producirt wird, und dass uns deshalb Eiweisskörper auch als sogenannte Respirationsmittel dienen. Es muss jedoch bemerkt werden, dass auch diejenigen Völker, welche ausschliesslich oder fast ausschliesslich auf thierische Nahrungsmittel angewiesen sind, nicht ganz auf Kosten der Eiweisskörper respiriren. Denn erstens enthält das Fleisch, wie wir gesehen haben, Kohlehydrate, Glycogen, beziehungsweise Zucker, der aus dem Glycogen entstanden ist, und Inosit, und ausserdem geniessen sie ja mit dem Fleisch immer eine grössere oder geringere Menge Fett. Es scheint sogar, dass die Ueberladung des Körpers mit Eiweisssubstanzen und die damit verbunden Production einer grossen Menge von stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte nachtheilig sei, denn wir sehen bei den Völkern, die fast ausschliesslic auf thierische Nahrung angewiesen sind, dass sie immer sehr gross

Mengen von Fett, wie wir sie bei unserer gemischten Nahrung niemals in uns hineinbringen, verzehren, um neben ihren Eiweisssubstanzen auch ein stickstoffloses Respirationsmittel in grösserer Menge zu haben. Freilich liegt hiefür auch noch ein anderes Motiv vor. Diese Völker sind Völker kalter Zonen, und sie mögen auch deshalb die grosse Neigung zur Fettnahrung haben, weil das Fett wegen seiner hohen Verbrennungswärme und seines relativ leichten Zerfallens vor anderen Substanzen geeignet ist, Wärme für den thierischen Organismus zu produciren.

Die Eiweisskörper sind unsere wichtigsten stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, aber nicht die einzigen. Abgesehen von anderen stickstoffhaltigen Substanzen, die nur als kleinere Bruchtheile in unsere Nahrung eingehen, geniessen wir Leim und leimgebende Gewebe und Chondrin in nicht unbeträchtlicher Menge.

Man ist zu verschiedenen Zeiten über den Werth des Leims als Nahrungsmittel sehr verschiedener Meinung gewesen. Es existirte ehemals für die Reconvalescenten ein eigenes Ernährungsmittel, das Hirschhorngelée, das aus zerraspelten Hirschgeweihen gekocht wurde. Da dasselbe ziemlich theuer zu stehen kam, war es nur den Wohlhabenden zugänglich. Es wurde mit Madeirawein, Rheinwein, französischem weissen Weine und andern guten Dingen gewürzt, und es ist, so viel man weiss, den Reconvalescenten gut bekommen, natürlich nur dann, wenn sie auch anderweitig gut zu essen bekamen. Als die Chemie weitere Fortschritte gemacht hatte, konnte man sich der Ueberzeugung nicht verschliessen, dass dieses Hirschhorngelée doch eigentlich eine sehr gemeine Substanz sei, nichts Anderes als Tischlerleim, und man fühlte sich deshalb gedrungen, den Nährwerth des Leimes näher zu untersuchen, weil es vielleicht doch möglich war, die Wohlthaten des Hirschhorngelée's in anderer Gestalt auch der minder bemittelten Bevölkerung zugänglich zu machen. Die Versuche, die man an Thieren anstellte, fielen sehr wenig befriedigend aus. Die Thiere, die man ausschliesslich mit Leim fütterte, gingen sämmtlich unter den Erscheinungen der Inanition zu Grunde. Es will dies an und für sich nichts sagen, denn bei jeder chemisch einfachen Nahrung gehen die Thiere durch Inanition zu Grunde, auch dann, wenn sie ausschliesslich mit Fibrin oder ausschliesslich mit Eiweiss gefüttert werden. Aber es zeigte sich, dass der Leim auch die Eiweisskörper in der Nahrung nicht zu ersetzen im Stande ist. Einige sprachen ihm sogar jeglichen Nährwerth ab. Hiermit ging man offenbar zu weit. Die Versuche von Voit haben gezeigt, dass der Leim in ähnlicher Weise als Brennmaterial verbraucht werden kann, wie auch Kohlehydrate und Fette. Wenn man einem Hunde ausser dem Fleisch, mit dem er gefüttert wird, noch Leim oder leimgebende Gewebe gibt, so kann man ihn mit weniger Fleisch erhalten, als wenn man ihn ausschliesslich mit Fleisch füttert. Zweifelhaft ist es, ob Leim im Körper noch zur Bildung von leimgebenden Geweben verwendet werden kann, und ob Chondrin, wenn es genossen wird, im Körper zur Bildung von chondringebenden Geweben verbraucht wird.

Die leimgebenden Gewebe, welche wir geniessen, sind durch Kochen und Braten mehr oder weniger verändert und bereits auf dem Wege der Umwandlung in Leim begriffen. Wenn man leimgebende Gewebe kocht, so gehen sie nicht plötzlich, sondern allmälig in Leim über, die junger

Thiere schneller, die alter langsamer. Wenn deshalb das Fleisch gekocht wird, so ist immer nur ein Theil der leimgebenden Gewebe in wirklichen Leim umgewandelt, und dieser ist in die Brühe übergegangen: ein anderer Theil der leimgebenden Gewebe existirt noch im Fleische als eine mehr oder weniger gequollene, mehr oder weniger gelatinöse Masse, je nach dem Grade der Veränderung, welche er bereits durch das Kochen erlitten hat. Je weiter diese Veränderung vorgeschritten ist, um so leichter unterliegt das leimgebende Gewebe im Magen und Darmkanal der Auflösung und Resorption.

Welche Bedeutung haben die Kohlehydrate für uns als Nahrungsmittel? Es unterliegt keinem Zweifel, dass sie im Körper verbrannt, oxydirt werden, in Wasser und in Kohlensäure zerfallen und dabei Wärme bilden. Ausserdem haben wir gesehen, dass sie eine wesentliche Rolle bei der Productien der Arbeit spielen, insofern das Glycogen in den Muskeln während der Muskelcontraction und durch die Muskelcontraction in Zucker und dann in Milchsäure übergeht. Es ist indessen noch keineswegs bewiesen, dass Kohlehydrate, die wir zu uns nehmen, als solche bei der Muskelcontraction verbraucht werden, nicht einmal, dass die Kohlehydrate in den Muskeln von den Kohlehydraten der Nahrung abstammen. Wir wissen von den letzteren mit Bestimmtheit nur, dass sie verbrannt werden, aber sie haben eben einen hohen Werth dadurch, dass sie vorzugsweise und mit Leichtigkeit der Zersetzung unterliegen, so dass dadurch andere Substanzen, die als bleibende Bestandtheile des Körpers einen Werth haben, geschont werden. Dass dem wirklich so sei, das wird dadurch nachgewiesen, dass, wenn ein Thier mit Kohlehydraten reichlich gefüttert wird, es zunächst ausschliesslich oder nahezu ausschliesslich auf Kosten der Kohlehydrate respirirt. Dass dies der Fall sei, kann man durch die Untersuchung seiner gasförmigen Ausscheidungen und seiner gasförmigen Einnahmen erfahren. Die Kohlensäure, welche wir ausathmen, muss gebildet werden mit Hilfe des Sauerstoffs, den wir einathmen. Wenn sich nun der Sauerstoff, den wir einathmen, ausschliesslich mit Kohlenstoff verbindet, so wird die Menge des Sauerstoffs in der ausgeathmeten Kohlensäure eben so gross sein, wie die ganze Menge des in derselben Zeit verbrauchten Sauerstoffs, mit andern Worten, es wird aller eingeathmete Sauerstoff wiederum in der Kohlensäure als Exspirationsproduct erscheinen. Das ist aber nur möglich, wenn Kohlehydrate oxydirt werden; denn nur diese können, indem sie Sauerstoff aufnehmen, um ihren Kohlenstoff zu oxydiren, in Kohlensäure und Wasser zerfallen. Werden dagegen Fette oder Eiweisskörper oxydirt, so muss immer noch eine Quantität Sauerstoff verbraucht werden, um sich mit Wasserstoff zu Wasser, bei den Eiweisskörpern auch mit Schwefel zu Schwefelsäure zu verbinden. Wenn also der ganze inspirirte Sauerstoff in der exspirirten Kohlensäure erscheint, so haben wir ein Recht, zu sagen, dass das Individuum jetzt auf Kosten der Kohlehydrate, mit denen es gefüttert wurde, respirirt und nicht auf Kosten der Substanzen seines eigenen Körpers.

Bildet sich aus den Kohlehydraten noch irgend etwas Anderes? Auf die Idee, dass sich Eiweisskörper daraus bilden, ist man kaum verfallen; es ist das auch viel zu unwahrscheinlich: wohl aber hat man lange Zeit fast allgemein geglaubt, und man ist auch jetzt noch dieser

Ansicht, dass sich auf Kosten der Kohlehydrate im Organismus Fett bilde. Es schien dies wahrscheinlich dadurch, dass die hauptsächlichsten Mastmittel mehlreiche, also amylumreiche Substanzen sind. Es entspann sich über diese Fettbildungsfrage ein lebhafter Streit zwischen Liebig einerseits, und Boussingault andererseits. Boussingault vertheidigte die Ansicht, dass alles Fett, welches im Körper abgelagert wird, als solches eingeführt werde, während Liebig die Ansicht vertheidigte, es werde nur ein Theil des Fettes als solches eingeführt, ein anderer Theil bilde sich aus dem in den Körper eingeführten Amylum, beziehungsweise aus Zucker. Boussingault berief sich darauf, dass, wenn man Enten mit Reis stopft, sie dabei mager bleiben, dass sie aber, wenn man dem Reis regelmässig eine geringe Menge Butter zusetzt, in kurzer Zeit sehr fett werden. Er schloss also: Das Amylum ist es nicht, welches in den meisten Mastmitteln mästet, sondern das Fett, welches darin neben dem Amylum enthalten ist. Er machte ferner Versuche an seinen Milchkühen und wollte gefunden haben, dass sie im Futter so viel Fett einnehmen, als sie in der Milch wieder ausgeben. Liebig wies ihm aber nach, dass er hiebei Bestandtheile der Chlorophyllkörner als Fett mitgerechnet hatte, welche unresorbirt durch den Darmkanal hindurchgehen. Wenn diese, wie es geschehen musste, in Abschlag kamen, blieb nun im Futter nicht mehr so viel Fett, als die Kühe, welche sich im Beharrungszustande befanden, nicht abnahmen und nicht zunahmen, in der Milch ausgegeben hatten.

Es kamen noch andere Beobachtungen der Theorie von Liebig zu Hilfe. Der berühmte Bienenwirth Huber fand, dass die Bienen noch längere Zeit Wachs bilden, wenn man sie auch nur mit reinem Zucker füttert, und dass auch im Honig, den sie in einer gegebenen Zeit verzehrten, nicht so viel Fett enthalten war, als sie in Gestalt von Wachs während derselben Zeit von sich gaben. So geschah es, dass die Ansicht von Liebig eine Zeitlang von den meisten Gelehrten, sowohl Chemikern als Physiologen, rückhaltslos angenommen wurde. Man konnte sich aber der Wahrnehmung nicht verschliessen, dass bei diesem ganzen Streite die Eiweisskörper in einer auffallenden Weise vernachlässigt worden waren. Man hatte die Möglichkeit, dass sich auch aus den Eiweisskörpern Fett bilden könne, nicht hinreichend berücksichtigt, und war so über eine mögliche Quelle des Fettes ohne nähere Untersuchung hinweggegangen. Es lagen aber allerdings schon damals gewisse Thatsachen vor, welche es nicht unwahrscheinlich machten, dass sich aus Eiweisskörpern Fette bilden können, wenn dies auch nicht von Allen zugegeben wurde. Man hatte im vorigen Jahrhundert in Paris einen Friedhof für arme Leute eingerichtet, in welchem in den einzelnen Gräbern die Leichen in ungewöhnlicher Menge übereinandergesetzt worden waren. Nachdem derselbe längere Zeit benutzt worden, brach in einer anstossenden Strasse eine Epidemie aus. Man schrieb dies der Nachbarschaft des Friedhofs zu, und er musste geräumt werden. Dabei fand man zu seinem Erstaunen eine grosse Menge von Leichen mumificirt und in ihrer Form ziemlich erhalten, und als man die Substanz dieser Leichen näher untersuchte, fand Fourcroix, dass ihre Hauptmasse aus einer fettartigen Substanz bestehe, welche er mit dem Namen Adipocire belegte, und die man später in Deutschland Leichenfett nannte. Als

Chevreul seine berühmte Arbeit über den Verseifungsprocess und über die Chemie der Fette überhaupt gemacht hatte, untersuchte er auch dieses Adipocire. Er kam zu dem Resultate, dass dasselbe ein Gemenge von Seifen mit verschiedenen Basen sei, namentlich Kalk, und dass das Material zu demselben von dem Fette der Individuen herrühre, welche dort beerdigt worden waren, während andererseits die stickstoffhaltigen Substanzen grösstentheils durch die Fäulniss zerstört worden seien. Immerhin blieb es auffallend, so grosse Mengen dieser Substanz an Leichen von Individuen zu finden, die doch wahrscheinlich nicht gerade besonders fett gewesen waren. Später haben sich anderswo ähnliche Fälle ereignet, darunter einer in Königsberg. Ich habe noch ein Stück Leichenfett in die Hände bekommen, welches sich dort gebildet hatte. Es schien der Form nach von einem Muskel herzurühren, so dass es nicht recht wahrscheinlich war, dass dies Adipocire aus dem eigenen ursprünglichen Fette der Leiche hervorgegangen sei, dass es vielmehr dem Ansehen nach wahrscheinlicher erscheinen musste, dass es wirklich, wie man in Paris anfangs geglaubt hatte, durch Zersetzung der Eiweisskörper und Bildung von Fett aus denselben entstanden sei. Man hat auch mehrmals in Macerirtrögen ähnliche Stücke gefunden und auch Adipocire erzeugt durch Einschliessen von Leichentheilen in Glasgefässe, deren übriger Raum mit Wasser gefüllt war. Gibbes, Quain, Virchow und J. Kratter haben aus der Untersuchung solcher Objecte geschlossen, dass sich Eiweisskörper in Fett umgewandelt hätten, während Wetherill, Lehmann, Huppert und Ed. Hofmann alles vorgefundene Adipocire von Fett ableiten, das schon während des Lebens vorhanden war.

Ein anderer in ähnlicher Weise zweifelhafter Process ist das Reifen der Käse. Es wurden in den Käsekellern zu Rochefort Untersuchungen über das Reifen der Käse angestellt, und Blondeau wollte gefunden haben, dass unter dem Einflusse von Penicillium glaucum, welches in den Käsen vegetirt, das Casein in Fett, in Ammoniak und andere stickstoffhaltige Substanzen, die im Käse enthalten sind, zerfalle. Es ist diese Angabe von Andern, die auch reifende Käse untersucht haben, bestritten worden, so dass man auch hier zu keinem bestimmten Resultate gekommen ist.

Schon vor einer Reihe von Jahren stellte Hoppe-Seyler Fütterungsversuche an Thieren an, die es einigermassen wahrscheinlich machten, dass sich bei ihnen aus Eiweisskörpern Fett bilde. Die Herstellung des Beweises hiefür ist aber erst durch die Respirationsversuche von Pettenkofer und Voit gelungen. Diese haben gefunden, dass, wenn man Hunde mit Fleisch reichlich füttert, über ihren Bedarf füttert, dann, wenn schon aller Stickstoff der Nahrung wieder in den Ausscheidungen erscheint, eine bedeutende Menge Kohlenstoff im Körper zurückbleibt. Es muss also eine kohlenstoffhaltige und stickstofflose Substanz im Körper zurückbleiben, und diese kann in Rücksicht auf die bedeutende Menge des in den Ausscheidungen fehlenden Kohlenstoffes nichts anderes sein als Fett. Dieses Fett muss auf Kosten von Eiweisskörpern gebildet worden sein. Indem nun der Beweis einmal hergestellt war, dass im Körper aus den Eiweisssubstanzen sich Fett bilden könne, verlor damit die Liebig'sche Fettbildungstheorie aus Kohlehydraten vorläufig ihren Boden, denn jetzt liessen sich alle Erscheinungen so erklären, dass die

lehydrate verrespirirt, und dadurch die im Körper aus Eiweisstanzen gebildeten Fette geschont werden. Die Thiere konnten im iche unverändert bleiben, wenn auch fortwährend in ihrem Körper eisssubstanzen so zerfielen, dass einerseits stickstoffhaltige Harnndtheile gebildet wurden, und andererseits Fett. Die Menge der so llenden Eiweisskörper musste nur die Menge der eingeführten nicht steigen. Das so gebildete Fett konnte mit dem eingeführten in die h übergehen, und somit das täglich in dieser ausgeführte Fett die einfuhr übersteigen. Die Bienen Huber's konnten eine Zeitlang hs gebildet haben, wenn sie auch nur mit Zucker gefüttert wurden, m sie den in ihrem Körper vorhandenen Vorrath von Fetten und eisssubstanzen theilweise verbrauchten. Wenn sie mit Honig gefüttert len, konnten sie dauernd mehr Wachs gebildet haben, als dem gehalte des Honigs entsprach, indem in letzterem auch stickstoffge Substanzen enthalten sind, vermöge welcher sie sich im Beungszustande erhalten konnten, auch wenn in ihrem Körper fortrend ein gewisses Quantum von Eiweisskörpern behufs der Wachsmg zerfiel. Wenn wir den Process der Mast betrachten, so gibt uns von Boussingault mit Enten angestellte Versuch den Schlüssel zu r andern Auffassung desselben. Die Enten waren mager geblieben, inge sie nur mit Kohlehydraten gefüttert wurden; sie waren aber geworden, so wie sie ausser Reis auch Fett bekamen. Mastmittel alten Kohlehydrate, Eiweisskörper und Fette; die Eiweisskörper und Fette können zur Substanzbildung verwendet werden, die Kohleate werden verrespirirt, und sie sind deshalb Mastmittel, weil sie rmöglichen, dass das Fett abgelagert wird: denn, wenn sie nicht führt wären, hätte das Fett der Oxydation unterliegen müssen. Erfahrungen aller Viehzüchter haben auch gezeigt, dass eine schnelle nur erzielt werden kann, wenn man fettreiches Körnerfutter, wie Mais, dazu verbraucht, welcher auch vielfältig dazu verwendet, und etwa 5%, ja angeblich bisweilen bis 9% Fett enthält, oder m man zu den Mastmitteln fettreiche Substanzen, wie Milch, Oelen u. dgl. hinzusetzt. Dieser Weg der Erklärung reicht aus, so e es sich nicht zeigt, dass mehr Fett abgelagert wird, als aus dem ssenen Fette einerseits und aus dem Zerfalle von Eiweisskörpern, hungsweise von Leim, andererseits abgeleitet werden kann. Dass in der That geschehen könne, dass in der That mehr Fett abget werden könne, als ohne Zuhilfenahme der Kohlehydrate möglich, auf Grund messender Versuche behauptet. Namentlich beruft sich chulze auf Mästungsversuche, die er an Gänsen angestellt hat. Erst tere Versuche müssen zeigen, welcher Antheil bei der Fettbildung Eiweisskörpern und welcher den Kohlehydraten zuzusprechen sei.

Zusammengesetzte Nahrungsmittel.

Die Milch und die Milchdrüse.

Wir haben uns eine Uebersicht verschafft über die Verwerthung drei Hauptarten von Nahrungsmitteln, und wir wollen jetzt überen zu den zusammengesetzten Nahrungsmitteln, und zwar zunächst

zur Milch. Die Milch ist eine Emulsion, welche gebildet wird aus einer Flüssigkeit, welche Salze, ausserdem zwei Eiweisskörper und ein Kohlehydrat, Milchzucker, enthält, und in welcher ein zusammengesetztes Fett, das Butterfett, emulgirt ist. Ehe wir zur Betrachtung dieser einzelnen Substanzen übergehen, müssen wir uns mit dem Baue der Milchdrüse näher bekannt machen.

Die Milchdrüse zeigt sich in ihrer ersten Anlage schon im vierten Monate des intrauterinen Lebens. Sie stellt zuerst eine kaum merkliche Erhabenheit mit einer Grube in der Mitte dar, und von dieser Grube gehen später blind endigende Gänge nach den Seiten hin aus: sie sind die erste Anlage der Ausführungsgänge der Milchdrüse. Sie münden also anfangs in ein gemeinsames Receptaculum. Später erhöht sich die Stelle, an welcher die Grube war, und die Gänge münden nun einzeln aus, während die erhöhte Stelle zur Brustwarze wird. Im sechsten Monate fand von Langer, dem wir in der Beschreibung der Milchdrüse folgen, schon Theilungen, die sich später weiter dichotomisch fortsetzen, so dass ein System von dendritisch verzweigten Schläuchen mit kolbenförmigen Endigungen entsteht. In dieser Weise entwickelt sich die Drüse bei beiden Geschlechtern fort bis zur Zeit der Pubertätsentwickelung; dann bleibt sie beim Knaben stehen oder geht etwas zurück, während sie sich beim Mädchen weiter entwickelt, und zwar in zweierlei Weise. Erstens entwickelt sich zwischen den Gängen eine grosse Menge von succulentem Bindegewebe, durch welches die Mamma bedeutend an Volum zunimmt, und zweitens entwickeln sich die Drüsengänge selbst weiter und bilden nun an ihren Enden zahlreiche kolbenförmige Acini. In diesem Zustande verbleibt die Drüse bis zur Schwangerschaft. Während der Schwangerschaft tritt aber eine ausserordentliche Entwicklung der eigentlichen Drüsensubstanz ein, indem überall Acini entstehen, nicht allein an den Enden, sondern auch seitlich aufsitzend an den Gängen, so dass das Ganze in eine mächtige traubige Drüse umgewandelt wird. Diese neugebildeten Acini sind mit einem Epithel oder Enchym ausgekleidet, in dessen Zellen sich zahlreiche Fetttröpfchen absetzen, und gegen Ende der Schwangerschaft werden diese Fetttröpfchen in die Höhle des Acinus hineingestossen, indem zugleich in dieselbe eine Flüssigkeit hineinsecernirt wird. Es werden aber nicht allein die Fetttröpfchen aus dem Protoplasma der Zellen ausgestossen, sondern es lösen sich anfangs auch ganze Zellen vom Epithelium ab und gelangen in das Innere des Acinus hinein, grosse, nackte Zellen, welche voll mit kleinen Fettkörnchen angefüllt sind und auf dem geheizten Objecttische amöboide Bewegungen zeigen. Diese grossen Zellen, welche sich von Epithel ablösen und mit Fetttröpfchen angefüllt sind, heissen Colostrumkörper oder Colostrumkugeln. Sie werden namentlich in den ersten Tagen nach der Geburt ausgestossen, später wird ihre Zahl immer geringer, so dass sie nur noch selten und vereinzelt erscheinen. Es wird dann nur noch eine Flüssigkeit secernirt, in der zahlreiche Fetttröpfchen schwimmen, die von dem Protoplasma der Enchymzellen der Acini ausgestossen worden sind. Diese Flüssigkeit mit den darin schwimmenden Fetttröpfchen ist die Milch.

Dieser Zustand bleibt im Wesentlichen unverändert, so lange die Milchdrüse zum Säugen verwendet wird. Wenn dies aber nicht mehr geschieht — gleichviel ob die Milchsecretion immer schwächer und schwächer

ird und endlich von selbst aufhört, oder ob sie dadurch, dass das Kind
.cht mehr angelegt wird, zum Stehen gebracht wird — dann geht die
rüse einen Involutionsprocess ein, in welchem die neugebildeten Acini
ieder verschwinden, und die eigentliche Drüsensubstanz bedeutend an
olum abnimmt, indem sie der Hauptsache nach auf die schon früher
bildeten Gänge reducirt wird. Wenn eine neue Schwangerschaft eintritt,
tritt während derselben wiederum dieselbe progressive Metamorphose
ie während der ersten Schwangerschaft ein. Es wird wieder eine grosse
enge von Acinis gebildet u. s. w. Diese Wechsel können eintreten bis
die Zeit der klimakterischen Jahre. Dann, wenn die Menses cessiren,
itt auch ein Involutionsprocess in der Brustdrüse ein, die Acini verschwinden nun vollständig, so dass die Gänge der Milchdrüse blind in

Fig. 36.

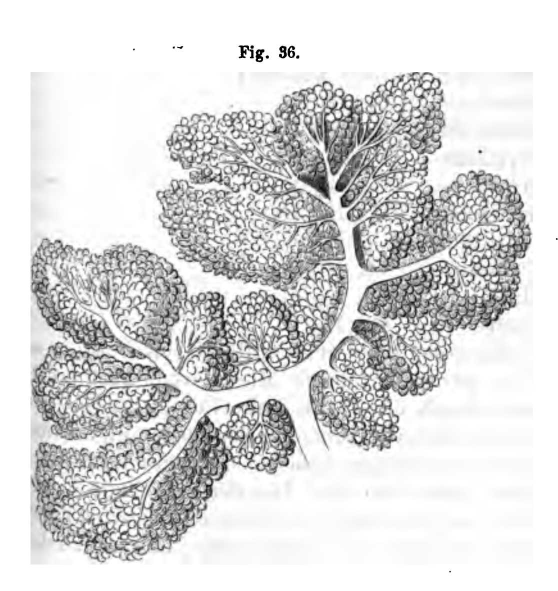


Fig. 37.



Strängen von Bindegeweben endigen; ja bei der weiteren Involution schwinden auch die feineren Gänge, so dass nur noch die gröberen mit blinden Enden im Bindegewebe zurückbleiben. Fig. 36 zeigt Milchgänge einer Puerpera mit zahlreichen Endbläschen, Fig. 37 zeigt Milchgänge einer alten Frau ohne Endbläschen, beides nach v. Langer. In seltenen Fällen entwickelt sich bei männlichen Individuen die Drüse so weit, dass sie Milch absondert. In Giessen wurde die Milch eines Bockes analysirt und Casein, Zucker und Fett darin gefunden.

Die Milch enthält ausser anorganischen, namentlich phosphorsauren Salzen, die dem Säuglinge zum Aufbaue seines Knochensystems dienen, Milchzucker, Butter und Casein nebst etwas nativem Eiweiss, also ein Kohlehydrat, Fett und Eiweisskörper, so dass die drei grossen Gruppen der Nahrungsmittel in ihr vertreten sind.

Den Milchzucker haben wir bereits kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass er direct gährungsfähig ist, dass er krystallisirt, die Polarisationsebene nach rechts dreht, dass er die gewöhnlichen Zuckerproben gibt, und dass er, da er alle diese Eigenschaften mit dem Traubenzucker gemein hat, sich diesem sehr ähnlich verhält, so lange er sich in Lösung befindet, dass er sich aber, wenn er im festen Zustande dargestellt ist, dadurch unterscheidet, dass er schwerer in Wasser und namentlich viel schwerer in Alkohol löslich ist als der Traubenzucker.

Die Butter ist ein gemengtes Glycerinfett. Ueber die Butter aus der Menschenmilch gibt es noch keine Untersuchungen, einfach deshalb, weil Untersuchungen über gemengte Fette immer ein beträchtliches Material beanspruchen, und die Butter aus der Menschenmilch noch nicht in hinreichender Menge zu haben gewesen ist. Die Kuhbutter ist dagegen von Heintz untersucht worden, und es hat sich ergeben, dass sie ein gemischtes Glycerinfett ist, und folgende Fettsäuren darin enthalten sind oder vielmehr, richtiger gesagt, folgende Fettsäuren durch den Verseifungsprocess daraus abgeschieden werden können:

Buttersäure	$C_4 H_8 O_2$
Capronsäure	$C_6 H_{12} O_2$
Caprylsäure	$C_8 H_{16} O_2$
Caprinsäure	$C_{10} H_{20} O_2$
Myristinsäure	$C_{14} H_{28} O_2$
Palmitinsäure	$C_{16} H_{32} O_2$
Stearinsäure	$C_{18} H_{36} O_2$
Butinsäure	$C_{20} H_{40} O_2$
Oelsäure	$C_{18} H_{34} O_2$

Das Casein hat alle Eigenschaften eines fällbaren Eiweisses; es gerinnt beim Kochen nicht, es wird aber durch alle Säuren, auch durch verdünnte Pflanzensäuren und durch die dreibasische Phosphorsäure, aus der Milch niedergeschlagen. Es ist deshalb frühzeitig die Frage aufgeworfen worden, ob denn nicht vielleicht das Casein, neben dem immer noch etwas lösliches Eiweiss in der Milch enthalten ist, identisch sei mit einem gewöhnlichen Natronalbuminat, welches man sich künstlich bereiten kann, indem man eine verdünnte Natronlösung auf gewöhnliches, natives Eiweiss einwirken lässt. Die Milch gerinnt, wenn man ihr ein Stückchen von einem Kälbermagen oder überhaupt ein Stückchen von dem Magen eines frischgeschlachteten Thieres oder etwas von dem Extract eines solchen Magens zusetzt und sie damit erwärmt. Man bezeichnet die getrocknete und zu diesem Zwecke präparirte Schleimhaut des Kälbermagens, oder auch die wirksame Substanz darin, mit dem Namen Lab, und auch das flüssige Extract, welches man daraus macht, mit dem Namen des Labextracts. Man sagt deshalb: Das Casein wird durch Lab zum Gerinnen gebracht. Auf dem Gerinnen durch Lab beruht die Bereitung der süssen Molke. Man setzt der Milch Lab oder Labextract zu und erwärmt vorsichtig, bis die ganze Masse des Caseins in ein Coagulum zusammengeronnen ist. Man kann dann die Milchflüssigkeit davon abfiltriren, oder auf einem Seihtuche davon abtropfen lassen. Diese Flüssigkeit ist die süsse Molke. Sie unterscheidet sich von der sauren Molke, welche man durch Zusatz von Essigsäure, Weinsäure oder Weinstein bereitet, dadurch, dass sie keinen sauren Geschmack hat, und weniger

phosphorsaure Salze enthält, weil bei dem Gerinnenmachen durch Lab das sich ausscheidende Casein einen grossen Theil der phosphorsauren Salze mitreisst, während dieselben in Lösung bleiben, wenn man das Casein durch Essigsäure oder Weinsäure ausfällt. Dieses Gerinnen durch Lab war immer ein Unterschied zwischen dem Casein in der Milch und dem gewöhnlichen Kali- oder Natronalbuminate; denn dieses gerinnt durch Lab nicht. Dann zeigte aber Schretzka, dass, wenn aus Kali- oder Natronalbuminat, Zucker und Butter eine Emulsion, also eine künstliche Milch bereitet wird, diese auch durch Lab zum Gerinnen gebracht werden kann. Er zeigte weiter, dass diese künstliche Milch auch im natürlichen Wege sauer wird und gerinnt, was übrigens nichts Auffallendes war, da, wie wir später sehen werden, das Sauerwerden und das Gerinnen in Folge des Sauerwerdens darauf beruht, dass der Zucker in der Milch die Milchsäuregährung eingeht, und die so gebildete Milchsäure das Casein aus seiner Verbindung mit dem Natron ausfällt.

Es existirt aber noch ein anderer Unterschied zwischen dem Casein in der Milch und dem Natronalbuminat. Reines Natronalbuminat ist nur flüssig, so lange es alkalisch reagirt. Sobald man so viel Säure zusetzt, dass es gegen Lakmuspapier sauer reagirt, fällt auch der Eiweisskörper heraus: dagegen kann man der Milch vorsichtig so viel Säure zusetzen, dass sie gegen Lakmuspapier sauer reagirt, ohne dass sie gerinnt. Ja es zeigt sich, dass die Milch in Städten, die in der Regel sauer reagirt, wenn man sie kauft, dennoch für die meisten Zwecke vollkommen gut und brauchbar ist, und dass sie bei Kühen, die mit Schlempe gefüttert werden, häufig schon unmittelbar nach dem Melken sauer reagirt. Wenn man der Milch etwas mehr Säure zusetzt, aber noch nicht so viel, dass das Casein unmittelbar herausgefällt wird, und sie zum Sieden erhitzt, so läuft sie zusammen: es wird dann Casein und auch Eiweiss herausgefällt. Darauf beruht es, dass manche Milch, die anscheinend noch vollkommen gut ist, beim Kochen zusammenläuft. Das ist eben Milch, bei der schon so viel Milchsäure gebildet ist, dass zwar nicht bei gewöhnlicher Temperatur, wohl aber in der Siedhitze das Casein herausfällt. Gibt man noch mehr Säure hinzu, so fällt das Casein bei gewöhnlicher Temperatur heraus. Rollett hat gezeigt, dass Natronalbuminat sich ebenso verhält, wenn man ihm phosphorsaures Natron zugesetzt hat. Der Unterschied also, den künstliche Natronalbuminatlösung und Milch beim Ansäuern zeigen, liegt nicht in den Eiweisskörpern als solchen, sondern darin, dass das eine Mal phosphorsaure Salze zugegen sind, das andere Mal nicht. Man war also im Allgemeinen der Meinung, dass das Casein in der Milch doch mit dem Natronalbuminate identisch sei. Da zeigte Zahn, dass, wenn man Milch durch einen porösen Thoncylinder filtrirt, mittelst des Bunsen'schen Filtrationsapparates durchsaugt, eine Flüssigkeit durchgeht, welche zwar Eiweiss, aber kein Casein enthält. Es schien also hiemit ein wesentlicher Unterschied zwischen Casein und Natronalbuminat gefunden zu sein, denn das letztere passirt in ähnlicher Weise wie natives Eiweiss die poröse Thonwand. Später ist aber einerseits das Casein filtrirt worden, und andererseits ist unfiltrirbares Natronalbuminat gemacht worden. Schwalbe wies nämlich nach, dass Milch, der man eine kleine Menge Senföl zugesetzt hat, Monate lang nicht gerinnt, und dass, wenn solche Milch in den Thoncylinder gebracht wird,

nicht nur Wasser, Salze, Zucker und Eiweiss, sondern auch Casein durch die Wand desselben durchgesaugt werden kann. Anfangs erscheint zwar mit den krystalloiden Substanzen nur Eiweiss, später aber folgt das Casein nach. Andererseits hat Soxhlet künstliches Natronalbuminat in ähnlicher Weise wie das Casein der Milch unfiltrirbar gemacht. Er bereitete eine Emulsion aus Natronalbuminat und Butter und fand, dass sie sich bei der Filtration durch einen Thoncylinder wie Milch verhielt. Nach L. Hermann findet hier Oberflächenwirkung statt. Wenn man drei Theile Milch mit vier Theilen Pulver von fein zerstossenen und zerriebenen Thoncylindern mengte und dann filtrirte, so erhielt das Filtrat oft gar kein Casein. Bei geringern Mengen des Pulvers konnte solches noch nachgewiesen werden, aber stets nur in geringerer Menge.

Unter Mitwirkung des Fettes und bei Bildung der Emulsion geht ferner eine Veränderung mit dem Casein vor. Schon vor vierzig und einigen Jahren fand Ascherson, ein Arzt in Berlin, dass bei Bereitung von Emulsionen aus Eiweisslösungen und Fetten sich eine feste Schicht um jeden Fetttropfen bildet. Er nannte diese Schicht die Haptogenmembran, weil sie bei der Berührung von zwei Körpern entsteht. Eine solche Haptogenmembran hat schon, gleichfalls vor einer langen Reihe von Jahren, Henle den Milchkügelchen zugeschrieben. Er beruft sich darauf, dass man die Milch mit Aether schütteln kann, ohne dass der Aether die Fetttropfen aufnimmt, was doch der Fall sein müsste, wenn die letzteren ganz frei und ungeschützt in der Flüssigkeit herumschwimmen würden; dass aber andererseits das Fett beim Schütteln leicht in den Aether übergeht, sobald man dem Gemenge auch nur eine sehr geringe Menge von Kali oder Natron zusetzt.

Später hat v. Wittich die Entstehung der Haptogenmembran dahin erklärt, dass bei der Berührung des Fettes mit dem Natronalbuminate eine doppelte Zersetzung stattfinde; das Natron gehe an das Fett und bilde eine Natronseife, und dadurch werde gleichzeitig ein Theil des Caseins, der, welcher sein Natron abgegeben hat, unlöslich. Die Seife und der Eiweisskörper bilden hiernach miteinander die Haptogenmembran. Diese Haptogenmembran ist vielfach und auch noch in neuerer Zeit bestritten worden. Die Versuche von Soxhlet leiten aber wieder darauf hin, dass doch das Fett den Eiweisskörper in einen besonderen Zustand überführt, und Schwalbe ist mit neuen Versuchen für die Existenz der Haptogenmembran eingetreten. Wir begreifen nur bis jetzt nicht, wie das Fett auf die Filtrirbarkeit des ganzen Caseins einwirkt, da sich wenigstens nach den bisherigen Anschauungen doch nur ein Theil desselben an der Bildung der Haptogenmembran betheiligt. Wenn wir nun alle diese zahlreichen Versuche zusammennehmen, so müssen wir uns leider gestehen, dass wir weder mit Sicherheit wissen, in welchem Zustande das Casein in der Flüssigkeit der Milch enthalten ist, noch auch wissen, ob es identisch sei mit dem künstlichen Natronalbuminat oder nicht. Bis jetzt ist nur gezeigt, dass alle Unterschiede, welche zwischen dem Natronalbuminate und dem Casein aufgestellt wurden, nicht haltbar sind: damit ist aber die Identität der beiden Körper noch nicht erwiesen. Hoppe-Seiler wendet gegen den Identitätsbeweis aus den besprochenen Reactionen mit Recht Folgendes ein: Wenn man Casein mit einer Lösung von Kali oder Natron behandelt, so bildet sich Schwefelkalium, beziehungsweise

Schwefelnatrium. Wenn man nachher den Eiweisskörper mit einer verdünnten Säure wieder ausfällt, so zeigt er noch alle die vorerwähnten, dem Casein und Alkalialbuminat gemeinsamen Reactionen, und doch ist er sicher nicht mehr derselbe, der er früher war; denn abgesehen von den Veränderungen, die er sonst erfahren haben mag, hat er einen Theil seines Schwefels abgegeben. Es ist also möglich, dass man zwei Körper hat, welche die uns bekannten Reactionen mit einander gemein haben, und welche dennoch nicht identisch sind. Hiernach muss man auch die Angabe beurtheilen, dass das Casein in der Milch vermehrt werde, wenn man dieselbe bei 38° digerirt. Es ist nämlich angegeben worden, wenn man die Milch bei 38° digerire, nehme die Menge des Eiweisses darin ab, und die Menge des Caseins nehme in entsprechender Weise zu. Die Versuche beweisen aber nur, dass die Menge des nativen Eiweisses abund die des fällbaren Eiweisses zunimmt. Dass das geschieht, ist bei alkalisch reagirender Milch leicht begreiflich, denn fast alle alkalischen Flüssigkeiten wirken bei erhöhter Temperatur, wenn auch schwach und langsam, auf das native Eiweiss und ändern einen Theil desselben in fällbares Eiweiss um. Es handelt sich nur darum, ob das hier gebildete fällbare Eiweiss und das Casein identisch sind; dann kann man sagen, dass hier auf Kosten des löslichen Eiweisses durch blosses Digeriren bei 38° wirklich Casein gebildet worden sei. Nach den Untersuchungen von Engling ist das Casein in der frisch gemolkenen Milch als Caseintricalciumphosphat enthalten, wobei das Casein als reiner Eiweisskörper nicht als Alkalialbuminat aufzufassen ist. Den Ausgangspunkt dieser Untersuchungen bildete die Thatsache, dass oxalsaures Ammoniak aus solcher Milch kein Kalkoxalat fällt, der Kalk also in ihr in fester organischer Verbindung ist.

Die Milchsäure.

Wenn die Milch an der Luft steht, so wird sie nach und nach sauer, indem der Milchzucker, der darin enthalten ist, in Milchsäure umgewandelt wird. Die Milchsäure hat die Zusammensetzung $C_3 H_6 O_3$. Man kann also diese Umwandlung betrachten als Zerfall des Milchzuckers. Indem sich die Milchsäure vermehrt, verdrängt sie zuletzt das Casein aus seiner Verbindung, und die Folge davon ist, dass die Milch gerinnt, gesteht. Die Säurebildung beginnt also schon viel früher, als die Milch gerinnt oder einen säuerlichen Geschmack annimmt, sie beginnt sehr bald, nachdem die Milch gemolken worden ist, und schreitet je nach der Temperatur rascher oder langsamer fort. Erwähnen muss ich, dass schon ein geringer Zusatz von Senföl die Milchsäuregährung, wie Aug. Vogel nachwies, fast vollständig hindert. Milch, welcher man auf 20 Gramme einen Tropfen Senföl zusetzt, bleibt, wie ich bereits früher erwähnte, nach einer Beobachtung von Schwalbe, Wochen und Monate lang flüssig. Dies beruht darauf, dass die Säurebildung verhindert wird. Leider ist aber auch durch einen so geringen Zusatz von Senföl die Milch völlig ungeniessbar gemacht. Wie das Senföl wirkt, weiss man bis jetzt nicht. Der am nächsten liegende Gedanke ist der, dass es bestimmten lebenden Organismen, deren Mitwirkung bei der Säurebildung nothwendig ist, die Existenz unmöglich macht, in ähnlicher Weise, wie sich in Traubensaft

kein Alkohol bilden würde, wenn man ihm eine auf die Hefe absolut tödtlich wirkende Substanz zugesetzt hätte.

Wenn man sich Milchsäure verschaffen will, so stellt man sie in der Regel nicht aus Milch allein dar, sondern schlägt ein Verfahren ein, welches von Bensch angegeben worden ist: man löst 3 Kilogr. Rohrzucker und 21 Gramm Weinsteinsäure in 13 Kilogr. Wasser auf, und lässt die Lösung einige Tage stehen. Das hat den Zweck, den Rohrzucker zu invertiren, ihn in rechtsdrehende Glycose und linksdrehenden Fruchtzucker umzuwandeln. Hierauf fügt man zu dem Ganzen 167 Gramm alten stinkenden Käse, 4 Kilogr. abgerahmte geronnene Milch und $1\frac{1}{2}$ Kilogr. geschlemmte Kreide. Alles zusammen lässt man einige Tage bei einer Temperatur von 30° bis 35° stehen. Die Milch und der Käse haben den Zweck, die Milchsäuregährung einzuleiten, die Kreide hat den Zweck, die gebildete Milchsäure aufzunehmen, so dass sich unter Austreibung der Kohlensäure milchsaurer Kalk bildet. Nach einigen Tagen ist das Ganze in einen steifen Brei verwandelt, den man mit 10 Kilogr. siedenden Wassers verdünnt, dann 21 Gramm Aetzkalk hinzufügt und eine halbe Stunde lang kocht, dann durch einen Spitzbeutel filtrirt. Aus der filtrirten Flüssigkeit scheidet sich in Form von Drusen und krystallinischen Körnern der gebildete milchsaure Kalk aus. Diesen sammelt man nun auf dem Spitzbeutel und presst ihn in Presstüchern aus. Man löst ihn wieder in seinem zweifachen Gewicht Wasser auf und setzt auf jedes Pfund 146 Gramm vorher mit ihrem gleichen Gewichte an Wasser verdünnter Schwefelsäure zu. Die Schwefelsäure bildet mit dem Kalk Gyps, und die Milchsäure bleibt in Lösung. Die so erhaltene unreine Milchsäure filtrirt man vom Gyps ab, fügt auf jedes Pfund der angewendeten Schwefelsäure 688 Gramm kohlensaures Zinkoxyd hinzu und kocht eine Viertelstunde lang; man filtrirt heiss, worauf beim Erkalten Krystalle von milchsaurem Zinkoxyd entstehen. Diese trennt man von der Mutterlauge, löst sie in heissem Wasser wieder auf, leitet Schwefelwasserstoff hindurch und filtrirt vom gebildeten Schwefelzink ab. Die so aus dem milchsauren Zink erhaltene, nun schon reinere Milchsäure dampft man ein und zieht sie dann mit reinem Aether aus. Nach dem Verdunsten des Aethers bleibt die reine Milchsäure zurück. Die so erhaltene, unter der Luftpumpe über Schwefelsäure entwässerte Milchsäure hat ein specifisches Gewicht von 1,215 und syrupartige Consistenz.

Die Milchsäure ist eine relativ starke Säure, indem sie die Kohlensäure aus ihren Verbindungen austreibt, und hat einen intensiv sauren Geschmack, der jedoch durch Verdünnen mit Wasser bald an seiner Intensität verliert. Die Milchsäure nehmen wir nicht nur in der sauren Milch, sondern auch in den vegetabilischen Nahrungsmitteln zu uns, in welchen Zucker durch einen ähnlichen Gährungsprocess in Milchsäure übergeht. Dies ist der Fall im Sauerkraut und in den sauren Rüben. Die Milchsäure entsteht zwar in letzter Reihe immer aus Zucker, aber sie kann auch in nicht zuckerhaltigen Gemengen entstehen, wenn dieselben Amylum enthalten, welches in Dextrin und Zucker umgewandelt wird, und wo dann der Zucker nachher wieder in Milchsäure zerfällt. Es ist dies ein Process, der bei dem gewöhnlichen Sauerwerden der Schlichte, des Mehl- oder Stärkekleisters, vor sich geht, und dessen Bedeutung wir bald bei der Verdauung näher kennen lernen werden.

Quantitative Untersuchung der Milch.

Wenn man die Milch quantitativ untersucht, so handelt es sich gewöhnlich darum, die relativen Verhältnisse von Casein, von Fett und von Zucker kennen zu lernen. Die kürzeste und beste Methode hiefür ist die Methode von Heidlen. Dieselbe beruht darauf, dass man die Eiweisskörper der Milch durch Gyps unlöslich macht, während sie bei den übrigen Methoden durch Essigsäure herausgefällt werden. Bei der Methode von Heidlen wägt man etwa 15 Gramm Milch in einem kleinen mit einem Deckel versehenen, vorher gewogenen Schälchen oder Tiegel ab, und setzt dazu 5 Gramm reinen Gyps. Man kann sich denselben aus dem gewöhnlichen käuflichen gebrannten Gyps verschaffen, indem man diesen mit Wasser anrührt, ihn erstarren lässt und hinterher zu einem feinen Pulver verreibt. Dieses feine Pulver laugt man sorgfältig mit Wasser aus, um es von allen im Wasser leichter löslichen Bestandtheilen zu befreien, und trocknet es dann bei höchstens 110⁰. Von solchem Gyps mischt man eine genau gewogene Menge, etwa 5 Gramm, der Milch zu, wägt dieses Gemenge nochmals und trocknet es auf dem Wasserbade ein. Dann trocknet man im Luftbade bei höchstens 110⁰ so lange weiter, bis man bei wiederholtem Wägen keinen Gewichtsverlust mehr wahrnimmt. Auf diese Weise ermittelt man die Menge des Wassers, welche fortgegangen ist. Da man nun ausserdem die Menge des Gypses gewogen hat, so erhält man durch Subtraction des Gewichtes des Gypses von dem des Rückstandes die Menge der festen Bestandtheile der Milch. Von dem so erhaltenen Rückstande pulvert man nun eine Portion ganz fein, thut sie in einen Kolben und wägt sie darin ab, nachdem man vorher getrocknet hat, um das Wasser zu vertreiben, welches die Masse inzwischen vermöge ihrer Hygroskopicität wieder angezogen hat. Dann fügt man eine kleine Menge absoluten Alkohols hinzu und kocht damit auf. Dann fängt man an, mit Aether zu extrahiren, und zwar in der Weise, dass man Aether aufgiesst, damit aufkocht, absetzen lässt und den Aether, wenn er sich vollständig geklärt hat, abhebt oder vorsichtig abgiesst, so weit er sich eben klar abgiessen lässt. Das wiederholt man so lange, bis der abgehobene Aether, wenn man einen Tropfen davon auf eine Glasplatte fallen lässt, keinen Fettring zurücklässt, mit anderen Worten, so lange als der Aether noch Fett aufnimmt. Wenn der Aether kein Fett mehr aufnimmt, so verdampft man den Rest desselben und wägt den Kolben wieder. Das so erhaltene Gewicht zieht man von dem Anfangsgewichte ab: die Differenz besteht in den mit Aether ausziehbaren Substanzen, welche man als Fett verrechnet. Jetzt fängt man an, den Rückstand mit Alkohol auszuziehen, der mit Wasser auf das specifische Gewicht von 0,85 verdünnt worden ist. In solchem Alkohol ist der Milchzucker noch einigermassen löslich, und indem man wiederholt damit extrahirt, zieht man ihn nach und nach aus und auch zugleich die in verdünntem Alkohol löslichen Salze, deren Gewicht man aber vernachlässigt, weil es im Verhältniss zu dem des Milchzuckers sehr gering ist. Man extrahirt wiederum so lange fort, als der Alkohol noch etwas aufnimmt. Ist dies nicht mehr der Fall, so verjagt man den Rest, trocknet und wägt. Die Differenz wird als Milchzucker verrechnet, mit dem aber,

wie gesagt, einige im verdünnten Alkohol lösliche Salze und ausserdem noch die unbekannten sogenannten Extractivstoffe mitgerechnet sind.

Wenn man endlich von dem Reste das Gewicht des zugesetzten Gypses abzieht, so bleibt das Gewicht des Käsestoffes übrig, oder richtiger gesagt, das Gewicht der Eiweisskörper mit Einschluss der in verdünntem Alkohol nicht löslichen Salze, deren Gewicht aber wiederum dem des Käsestoffs gegenüber verhältnissmässig gering ist. Man erhält also durch diese Procedur eine annähernd richtige Vorstellung von dem relativen Verhältnisse von Butter, Zucker und Eiweisskörpern in der Milch und zugleich von der Concentration derselben.

Da dieses Verfahren immer noch verhältnissmässig zeitraubend ist, so hat man einzelne Proben angegeben, welche dazu dienen, uns einigermassen über den Werth der untersuchten Milch zu orientiren. Die gewöhnlichen sogenannten Milchprober, wie sie von den Marktcommissären gebraucht werden, sind nichts Anderes als Areometer, mittelst welcher man das specifische Gewicht der Milch feststellt. Nun ist aber die Milch eine Emulsion, das specifische Gewicht des Fettes, welches sie enthält, ist geringer als das des Wassers, das specifische Gewicht der anderen werthvollen Bestandtheile, des Caseins und des Zuckers, ist aber grösser als das des Wassers. Der Stand des Areometers in der Flüssigkeit ist nun in erster Reihe abhängig von dem specifischen Gewichte der Lösung, in welche das Areometer eingetaucht wird. Die in der Flüssigkeit suspendirten Fetttröpfchen üben aber auch einen Einfluss auf den Stand desselben aus. Was man also durch die Milchprobe erfährt, ist der Gehalt der Milch an Casein, kurz an gelösten Substanzen, und auch in Rücksicht auf diese wird durch die wechselnde Menge der Fetttröpfchen das Resultat weniger genau. Man kann durch die Milchprobe auch nicht erfahren, ob etwa die Milch, ehe sie auf den Markt gebracht wurde, abgerahmt worden ist, man erfährt nur, ob sie in gröblicher Weise mit Wasser versetzt wurde oder nicht.

Um nun auch den Fettgehalt der Milch auf kurzem Wege zu bestimmen, hat Donné ein sogenanntes Lactometer oder Galactometer construirt. Dieses Instrument ist ein Diaphanometer. Die Milchflüssigkeit, an und für sich durchsichtig, wird getrübt durch die Milchkügelchen, welche darin enthalten sind. Je mehr Milchkügelchen, d. h. Fettkügelchen die Milch enthält, um so undurchsichtiger ist sie. Das wissen schon die Hausfrauen, indem sie von der schlechten Milch sagen, sie sei ganz blau in den Schalen, weil eben der dunkle Grund der Schale durch die fettarme durchscheinende Milch hindurch wirkt und ihr dadurch eine blaue Farbe verleiht. Donné misst die Dicke einer Milchschicht, die opak genug ist, um die Flamme einer Stearinkerze von bestimmter Qualität vollständig zu verdecken. Die Milchschicht von wechselnder Dicke stellt er dadurch her, dass er zwei mittelst planer Glasplatten geschlossene Röhren in einander verschiebt. Indem auf der einen Röhre eine Theilung aufgetragen ist, kann der Apparat durch eine Reihe chemischer Fettbestimmungen empirisch graduirt werden, so dass man dann den Fettgehalt nach einer blossen Ablesung annähernd bestimmen kann.

Auf demselben Principe beruht die Milchprobe von A. Vogel. Hier ist der Abstand der Gläser, also die Dicke der trüben Schicht constant gleich 5 Millimeter, und es wird die Menge Milch gemessen, welche

man 100 Kubikcentimetern Wasser zusetzen muss, um die Contouren der Lichtflamme verschwinden zu machen. Für die Resultate dieser Probe hat man folgende empirische Formel aufgestellt:

$$x = \frac{23,2}{m} + 0,23$$

In ihr bedeutet x die Menge des Fettes der Milch in Procenten und m die Anzahl von Kubikcentimetern Milch, welche man verbraucht hat.

Frauenmilch und deren Surrogate.

Die Frauenmilch enthält im Mittel in 1000 Theilen 28,11 Käsestoff. Die Eiweissmenge ist in den quantitativen Analysen, denen dieses Mittel entnommen ist, und die alle aus einer älteren Zeit herstammen, nicht gesondert bestimmt worden, weil man damals nicht wusste, dass alle Milch Eiweiss enthält, sondern das Eiweiss nur fand, wenn es in grosser Menge in der Milch auftrat. Man hielt es deshalb für einen blos pathologischen Bestandtheil der Milch. Es sind deshalb auch die Caseinwerthe verschiedener Analysen nicht ohne Weiteres vergleichbar. Es handelt sich immer darum, ob die Procedur so war, dass man das Casein allein erhielt, oder ob Casein und Eiweiss zusammen bestimmt wurden. Sie enthält ferner in 1000 Theilen 35,66 Butter, 48,17 Milchzucker, 2,42 Salze und 885,66 Wasser. Von dieser mittleren Zusammensetzung, welche ich nach Moleschott's Physiologie der Nahrungsmittel wiedergebe, kommen sehr grosse Abweichungen vor. Erstens ist die Milch in den ersten Tagen nach der Geburt wesentlich anders zusammengesetzt. Es ist dies die Zeit, wo von der Brustdrüse noch das sogenannte Colostrum abgesondert wird. Das Colostrum enthält eine viel grössere Menge von Eiweisskörpern und besonders von nativem Eiweiss. Das native Eiweiss ist im Colostrum nicht nur in absolut grösserer Menge enthalten als in der späteren Milch, sondern auch in einer relativ grösseren Menge im Verhältnisse zum Casein. Im Mittel kommen in 1000 Theilen 52,73 Eiweisskörper, 33,47 Butter, 44,66 Milchzucker, 4,74 Salze und 864,40 Wasser vor. Ausserdem ist aber während des Säugens die Milch in einer fortwährenden Veränderung begriffen, nicht allein nach der Nahrung, welche die Säugende bekommt, sondern auch je nach der Zeit, welche seit der Geburt verstrichen ist. Das ist der Grund, weshalb man beim Suchen von Ammen für Kinder möglichst solche zu finden sucht, welche in derselben oder nahezu in derselben Zeit mit der Mutter des Kindes niedergekommen sind. Endlich ist die Zusammensetzung der Milch nach dem Lebensalter der Säugenden verschieden. Es ist von Doyère die Milch einer 45jährigen Amme analysirt worden, und es zeigte sich, dass sie nur $8\frac{1}{2}$ Theile Käsestoff, aber 4,0 Theile Eiweiss, 76 Butter, 73,1 Milchzucker, 1,5 Salze in 1000 Theilen enthielt. Wenn man aus dieser einen Untersuchung einen Schluss machen könnte, so nähmen in vorgerückteren Lebensjahren die Eiweisskörper und unter diesen besonders das Casein ab, dagegen nähmen die stickstofflosen Substanzen, Butter und Milchzucker zu. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Milch einer 36jährigen Frau, welche Simon analysirte, wenig von der mittleren Zusammensetzung abwich, und die gleichfalls von

Simon analysirte Milch einer 20jährigen Amme an Caseingehalt sogar noch um ein Geringes übertraf.

Endlich ist die Milch verschieden zu der Zeit, wo das Kind angelegt wird, und zu der Zeit, wo das Kind schon einige Zeit gesogen hat. Man hat bemerkt, dass anfangs immer eine fettärmere, später eine fettreichere Milch kommt. Es wurde dies auch an den Kühen beobachtet, und die Landleute sind noch jetzt bisweilen der Meinung, dass die Milch sich in den Eutern der Kühe ausrahme. Da das Euter der Kühe nach demselben Typus gebaut ist wie die Brustdrüse des Menschen, so kann begreiflicher Weise von einem solchen Ausrahmen nicht die Rede sein. Worauf es beruht, dass die spätere Milch immer fettreicher ist als die frühere, weiss man nicht. Man kann nur vermuthen, dass in den Enchymzellen der Drüsenbläschen ein Vorrath von Fetttröpfchen angehäuft ist, und dass dieser während des Saugens von den Enchymzellen ausgestossen wird und in die Milch gelangt. Auch die Milch beider Brustdrüsen zeigt sich nicht gleich zusammengesetzt. Wie gross im Allgemeinen die Abweichungen der Einzelwerthe von den aus ihnen gezogenen Mitteln sind, davon kann man sich aus der reichen Zusammenstellung überzeugen, welche J. König in seinem Buche über die chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel gegeben hat.

Th. Brunner, der in Huppert's Laboratorium eine Reihe von Frauenmilchanalysen nach einer neuen Methode anstellte, ist ferner der Meinung, dass in fast allen älteren Analysen von Thier- und Menschenmilch die Werthe für Eiweisskörper und Fette zu hoch angegeben wurden.

Es ist kein Zweifel, dass die Muttermilch, beziehungsweise die Ammenmilch, das zweckmässigste Nahrungsmittel für junge Kinder sei. Wo solche nicht zu beschaffen ist, ist man auf die sogenannte künstliche Ernährung angewiesen. Es fragt sich: Welches ist das beste Surrogat, das man der Muttermilch substituiren kann?

Die Kuhmilch enthält, wenn sie gut ist, mehr Fett als die Menschenmilch, aber sie enthält zugleich nahezu doppelt so viel Casein. Bei der Frau ist in der Milch im Mittel 28,11 Casein gefunden worden, bei der Kuh 54,04. Butter ist in der Frauenmilch 33,47, in der Kuhmilch 43,05, Milchzucker in der Frauenmilch 44,66, in der Kuhmilch 42,63, also noch etwas weniger als in der Frau. Aschenbestandtheile sind in der Menschenmilch 4,74, in der Kuhmilch 7,84. Es zeigt sich nun, dass Kinder, namentlich junge Kinder, die unverdünnte Kuhmilch in der Regel schlecht vertragen, dass sie sie in brockenartigen Gerinnseln ausbrechen. Da dies nicht nur mit der Qualität, sondern auch mit der Quantität des Caseins zusammenhängt, so ist das gewöhnliche und auch ganz rationelle Auskunftsmittel, dass man die Kuhmilch mit der Hälfte, in den ersten Wochen nach der Geburt sogar mit zwei Drittheilen Wasser verdünnt. Dann ist sie aber an zwei Bestandtheilen verarmt, sie enthält dann weniger Zucker und Fett als die Menschenmilch.

Den Zucker pflegt man ihr in Gestalt von Rohrzucker zuzusetzen, und da der Kandiszucker, das heisst der in grossen Krystallen krystallisirte Rohrzucker, von den im Handel vorkommenden Sorten der reinste ist, pflegt man Kandiszucker zu diesem Zwecke zu verwenden. Der Chemiker W. Heintz hat aber schon am Ende der vierziger Jahre angefangen,

dem Rohrzucker Milchzucker zu substituiren, der ja jetzt allgemein im Handel zu haben ist. Der Milchzucker ist ein sehr leicht zersetzbarer Zucker, während der Rohrzucker ein entschieden schwerer zersetzbarer Zucker ist, und erst im Magen invertirt, in Trauben- und Fruchtzucker verwandelt werden muss, um seine weiteren Veränderungen einzugehen. Zweitens enthält aber der Milchzucker immer eine grössere oder geringere Menge von phosphorsauren Salzen, welche er beim Herauskrystallisiren aus den Molken mit sich reisst, und diese phosphorsauren Salze sind offenbar etwas, was dem Säugling zum Aufbaue seines Knochensystems zu Gute kommen kann. Es hat auch diese Ersetzung des Rohrzuckers durch den Milchzucker, wo sie immer versucht worden ist, im Allgemeinen einen guten Erfolg gehabt. Nur muss man nicht erst mit Rohrzucker anfangen und dann hinterher Milchzucker substituiren, weil die Erfahrung lehrt, dass dann das Kind die mit Milchzucker versüsste Milch nicht nimmt, weil der Milchzucker viel weniger süss schmeckt als der Rohrzucker.

Da die Milch auch fettärmer ist, so hat man vorgeschlagen, ihr Milchrahm zuzusetzen. Es ist das auf den ersten Anblick vollkommen gerechtfertigt, aber in der Praxis stellt sich die Sache etwas anders. Die Milchsäuregährung wird bekanntlich durch ein Ferment eingeleitet, und ist von einer Milch in die andere übertragbar, und selbst die unbedeutendsten Mengen, welche an der Wand eines Gefässes hängen geblieben sind, sind hinreichend, um in der Milch, die in solche Gefässe hineingegossen wird, rasch Milchsäuregährung einzuleiten. Wenn man Milch ausrahmen will, muss man sie 24 Stunden lang stehen lassen. Man lässt sie zwar nicht sauer werden, aber man kann nicht hindern, dass nicht während dieser Zeit der Process der Milchsäuregährung beginnt, speciell nicht hindern, dass das Ferment schon anfängt, sich in dieser Milch zu vermehren. Wenn man nun den Rahm dieser Milch in andere frischere überträgt, so ist das von keiner besonderen Gefahr, wenn dieses Gemenge sofort verbraucht wird. Wenn es aber noch aufbewahrt wird, so theilt sich der Process der Milchsäuregährung dieser so gemengten Milch mit, und sie verdirbt in kürzerer Zeit, als sie ohne Rahmzusatz verdorben wäre. Man ist deshalb zu dem alten, seit Jahrhunderten geübten Verfahren zurückgekommen, möglichst fette Kuhmilch zu nehmen, diese mit der Hälfte Wasser zu verdünnen, und sie zu zuckern, nicht aber ihr noch Rahm von anderer Milch zuzusetzen. Wo man dies thun will, benutze man wenigstens nicht den käuflichen Rahm, sondern bringe ganz frische Milch an einen möglichst kühlen Ort, und sobald sich eine Rahmschicht gebildet hat, schöpfe man dieselbe ab und verwende sie. Wo gute Kuhmilch zu Gebote steht, ist aber der Rahmzusatz umsoweniger nothwendig, als man in den oben erwähnten Zusammenstellungen von J. König findet, dass beste Kühe über 6 Percent Fett in ihrer Milch aufwiesen, und andererseits sieht, dass bei saugenden Kindern fast immer eine nicht unbedeutende Menge Fett mit den Fäces abgeht.

Das Verdünnen ist nicht zu allen Zeiten gleich nothwendig und nützlich. Man hat mit demselben abzunehmen und zuletzt vom siebenten, achten oder neunten Monate an das Kind schon mit unverdünnter Kuhmilch zu ernähren.

In den englischen Recepten für sogenannte künstliche Frauenmilch findet man einen uns seltsam erscheinenden Zusatz, nämlich Kalkmilch. Bei der Art und Weise, wie sich manchmal Dinge in der Praxis fortpflanzen, welche aus theoretischen Gründen vorgeschlagen sind und gar keine praktische Erfahrung für sich haben, könnte man glauben, dass dieser Zusatz von Kalkmilch nur in der Idee gemacht worden sei, den Kindern den Kalk zuzuführen, auf Kosten dessen sie ihr Knochensystem aufbauen sollen. Da aber die Mütter für einen solchen Zusatz schwerlich viel Neigung haben werden, so ist es nicht wahrscheinlich, dass die Aerzte darauf beharrt haben würden, wenn sie nicht einen guten Grund dafür gehabt hätten. Und dieser Grund ist wahrscheinlich ein rein localer. Bei der Ausdehnung von London und bei den dortigen Verkehrsverhältnissen ist es sehr wohl glaublich, dass der grösste Theil der Milch, wenn sie in das Haus kommt, schon saure Reaction zeigt, und dass dieser Zusatz von Kalkmilch gemacht wird, um die in der Milch enthaltene Milchsäure in milchsauren Kalk umzuwandeln und der Milch alkalische Reaction zu geben.

Man hat der Milch auch in den späteren Monaten der Säuglingsernährung Amylacea zugesetzt. Es geschieht dies einmal in Gestalt der verderblichen Breifütterung, welche bei uns noch so vielfältig auf dem Lande gehandhabt wird, andererseits in verfeinerter Weise, indem man eine Stärke, die einen besondern Ruf der leichten Verdaulichkeit hat, die Pfeilwurzelstärke, das sogenannte Arrow-root, das aus der Wurzel von Maranta arundinacea gewonnen wird, der Milch zusetzt. Es darf hiebei nicht vergessen werden, dass die wesentlichste Nährsubstanz in der Milch, dass die Eiweisskörper nicht vermehrt werden, und dass es nachtheilig ist für ein Kind, wenn man ihm eine verhältnissmässig zu grosse Menge von Kohlehydraten zuführt und sucht, ihm dabei an der Masse der Eiweisskörper, die ihm zugeführt werden sollen, etwas abzubrechen. Der bekannte Kinderarzt Routh in London sagt in Bezug hierauf, dass eine Anzahl Londoner Kinder nur durch die Unbotmässigkeit der Wärterinnen gerettet werden, indem diese sie nebenbei aus ihrer Schüssel essen lassen, während sie sonst bei Arrow-root verhungern würden.

Eine andere Art des Zusatzes von Kohlehydraten hat Liebig angegeben. Er benutzt Weizenmehl, das insofern einen Vorzug vor dem Arrow-root hat, als es nicht unbeträchtliche Mengen (bei uns nach Horsford und Krocker 157 Gewichtstheile in tausend) von Eiweisskörpern enthält. Die Stärke im Weizenmehl sucht er dadurch leichter verdaulich zu machen, dass er sie gewissermassen einen Theil des Verdauungsprocesses schon vorher durchmachen lässt, dass er sie durch Malz in Achroodextrin und Zucker umwandelt. Er gibt dazu zweierlei Recepte. Erstens: 1 Loth Weizenmehl wird mit 10 Loth Milch gekocht, dazu wird dann, wenn die Masse bis 70^0 abgekühlt ist, 1 Loth Malzmehl mit 2 Loth Wasser und 30 Tropfen einer Lösung gesetzt, welche 2 Theile doppeltkohlensaures Natron in 11 Theilen Wasser enthält; hierauf wird das Ganze bei 70^0 digerirt. Das zweite Recept, das im Wesentlichen dasselbe Resultat gibt, ist folgendes: es werden 1 Loth Weizenmehl, 1 Loth Malzmehl, $7\frac{1}{2}$ Gran doppeltkohlensaures Natron, 2 Loth Wasser und 10 Loth Milch zusammengemischt und vorsichtig unter Umrühren und Schütteln über der Spirituslampe gewärmt. Man

lässt das Gemisch aber nicht zum Aufkochen kommen, sondern erwärmt es nur bis auf etwa 70°. Man braucht dazu kein Thermometer, man richtet sich nach der Veränderung in der Consistenz. Hat man nämlich eine Weile erwärmt, so wird die Masse dicklich, indem die Stärke quillt und sich in Kleister umwandelt. Wenn man dann unter stetem Rühren und Umschütteln weiter erwärmt, so wird sie wieder dünn, indem der Kleister in Dextrin und in Zucker übergeht. Endlich, wenn die Masse wieder dünn und süssschmeckend geworden ist, wird sie aufgekocht, um die Diastase zu zerstören. Die Suppe wird, mag sie nach dem einen oder andern Recepte bereitet sein, je nach dem Alter des Kindes mit verschiedenen Mengen Wasser verdünnt und durch ein Tuch oder ein feines Haarsieb geseiht. Es sind jetzt schon zahlreiche Versuche mit dieser sogenannten Liebig'schen Suppe angestellt worden, und wenn auch ein Theil von ihnen weniger befriedigend ausgefallen ist, so muss man doch sagen, dass sie in anderen Fällen wieder gute Erfolge gehabt hat, und gewiss, wenn eben die Suppe mit Sorgfalt bereitet ist, eine der besseren Arten ist, um mit der Milch Kohlehydrate in grösserer Menge dem Körper zuzuführen.

Bei schwachen, abgemagerten Kindern verdünnt man die Kuhmilch mit Fleischbrühe statt mit Wasser, und zwar meistens mit Kalbfleischbrühe, häufig aber auch mit Rindfleischbrühe, von der vorher das Fett abgeschöpft worden ist. Der Erfolg ist erfahrungsgemäss ein guter. In wie weit die Fleischbrühe als solche dabei zur Ernährung des Kindes beitragen kann, werden wir erst später, wenn wir vom Fleische sprechen, erfahren.

Ausser der Kuhmilch kann auch die Milch anderer Thiere zur Ernährung der Kinder dienen. Da ist es namentlich die Ziegenmilch, welche in südlichen Ländern meist ganz unverdünnt und direct vom Thiere verbraucht wird. Routh erzählt, dass auf Malta nicht selten die Kinder unmittelbar an die Ziege angelegt werden und dabei ganz vortrefflich gedeihen.

Die Milch der Einhufer, die Milch der Eselin und der Stute, kommt bei uns für die Ernährung der Kinder nicht in Betracht. Sie ist ärmer an Eiweisskörpern als die Menschenmilch. Das Mittel für die Menschenmilch hatte sich auf 28,11 Gewichtstheile Casein in tausend gestellt, für die Milch der Eselin stellt sich dasselbe auf 20,18 und für die der Stute auf 16,41. Dabei ist die Milch der Eselin verhältnissmässig fettarm. Die Menge des Fettes stellt sich für die Eselin auf 12,56, dagegen gibt Moleschott für die Stutenmilch eine sehr hohe Ziffer, nämlich 68,72 an. Beide aber, sowohl die Milch der Eselin, als die Stutenmilch, sind sehr reich an Milchzucker. Milchzucker und Aschenbestandtheile betragen in der Milch der Eselin 57,02, in der Stutenmilch sogar $86\frac{1}{2}$. Die Milch der Eselin ist namentlich in früherer Zeit vielfältig an Brustkranke verabreicht worden, und sie nähert sich insofern den süssen Molken, als sie im Vergleiche zu anderen Milchsorten eine geringere Menge von Fett und eine geringere Menge von Eiweisskörpern enthält, dafür aber eine relativ grosse Menge von Milchzucker. Noch grösser ist die Menge des Milchzuckers, wie wir eben gesehen haben, in der Stutenmilch, und daher ist diese mehr als andere Milch geeignet, ein gegohrenes, berauschendes Getränk, den sogenannten Kumis,

zu geben, den die Kirgisen schon seit alter Zeit bereiten. In neuerer Zeit haben ihn die russischen Aerzte Brustkranken verordnet: es haben sich auch in anderen Theilen von Russland Anstalten zur Erzeugung von Kumis gebildet, und vor etwa 12 Jahren ist auch hier in der Nähe von Wien eine solche eingerichtet worden.

Aus der Milch werden an secundären Producten gewonnen zunächst die Butter und die Buttermilch. Mit letzterer wird in unsern Alpen noch verschwenderisch umgegangen, indem man sie meistens dem Vieh gibt, während sie anderwärts, wohl in grösster Ausdehnung in Irland, von Menschen genossen wird. Man kann nicht verkennen, dass ihr noch ein nicht unbeträchtlicher Nährwerth zukommt. Man muss bedenken, dass sie noch die gesammten Bestandtheile der Milch enthält mit Ausnahme des Butterfettes, und mit Ausnahme dessen, was an Milchzucker in Milchsäure umgewandelt worden ist.

Ein anderes secundäres Product ist der Käse, der hier insofern zu erwähnen ist, als er Eiweisskörper in der concentrirtesten Gestalt enthält, wenigstens in concentrirterer Gestalt als alles frische Fleisch. Ein Pfund Käse enthält etwa um die Hälfte mehr Eiweisskörper als ein Pfund frisches Fleisch. Wir sehen deshalb, dass in denjenigen Gegenden, in welchen die Milchproducte relativ wohlfeil sind, in der Ernährung der ärmeren Bevölkerung dem Fleische vielfach Käse substituirt wird.

Das Fleisch.

Das Fleisch, wie es in den Topf kommt, ist zusammengesetzt aus Muskelfasern, aus den Sehnen der Muskeln, aus Fett, aus Blutgefässen, Nerven u. s. w. Die hauptsächlichsten Substanzen, welche für uns in Betracht kommen, sind erstens eine Reihe von Eiweisskörpern, welche wir später, wenn wir vom Muskel und seiner Physiologie handeln, noch näher kennen lernen werden, zweitens die leimgebenden Substanzen, welche beim Kochen, wenn auch nicht vollständig, so doch theilweise in Leim übergeführt werden, und dann eine Reihe von nicht eiweissartigen löslichen Substanzen im Fleische. Unter diesen ist zunächst zu erwähnen das Glycogen, welches wir schon bei den Kohlehydraten besprochen haben. Wir erhalten es aber in der Regel nicht mehr als Glycogen in der Nahrung, indem bei uns die Gewohnheit herrscht, das Fleisch, damit es leichter mürbe werde, längere Zeit hängen zu lassen, es nicht sofort nach dem Schlachten des Thieres zu kochen. Während dieses Ablagerns wird das Glycogen in Zucker und dann in Milchsäure umgewandelt. Ein zweites Kohlehydrat, das wir schon besprochen haben, und welches ebenfalls im Fleische vorkommt, ist der Inosit. Er hat die Formel $C_6 H_{16} O_8$. Er hat mit den Zuckern gemein, dass er ein Kohlehydrat ist und dass er süss schmeckt; er geht aber weder direct, noch indirect die Alkoholgährung ein und ist deshalb nicht als ein wahrer Zucker zu betrachten. Dagegen wandelt er sich in Milchsäure um, und zwar, wie es scheint, unter denselben Verhältnissen, unter denen sich die Glycose in Milchsäure umwandelt.

Demnächst haben wir im Muskelfleische eine Reihe von stickstoffhaltigen Substanzen, die keine Eiweisskörper sind, zunächst das Kreatin, welches Chevreul im Fleischsafte entdeckt und Liebig näher untersucht

hat. Er hatte die Eiweisskörper durch Aufkochen aus dem Fleischsafte entfernt, hierauf mit einem Gemenge von salpetersaurem Baryt und Aetzbaryt versetzt, um die Schwefelsäure und Phosphorsäure auszufällen, sodann vom Niederschlage abfiltrirt, die Mutterlauge eingeengt, und sie zum weiteren Abdunsten und Krystalliren hingestellt. Dabei schied sich das Kreatin krystallisirt aus. Es besteht aus $C_4 H_9 N_3 O_2$. Wenn man es mit Barytwasser kocht, so zerfällt es in Harnstoff $(C H_4 N_2 O)$ und in Sarkosin $(C_3 H_7 N O_2)$. Den Harnstoff werden wir als wichtigsten stickstoffhaltigen Bestandtheil des Harns kennen lernen, das Sarkosin ist zwar als solches kein Harnbestandtheil, aber interessant durch den Einfluss, welchen es, in den Körper gebracht, auf die Harnbestandtheile ausübt. Behufs der eben erwähnten Metamorphose nimmt das Kreatin ein Atom Wasser auf: wenn man es dagegen mit Säuren kocht, so gibt es ein Atom Wasser ab und geht nun in einen andern Körper über, in das Kreatinin, welches aus $C_4 H_7 N_3 O$ besteht. Dieselbe Veränderung erleidet es durch längeres Kochen, so dass in der Fleischbrühe stets neben Kreatin auch viel Kreatinin enthalten ist. Dieses Kreatinin ist eine entschiedene Basis, und wir werden es als regelmässigen Harnbestandtheil kennen lernen.

Ferner kommt im Fleische noch ein Körper vor, der den Namen Hypoxanthin oder Sarkin führt und aus $C_5 H_4 N_4 O$ besteht. Wir werden, wenn auch nicht diesen Körper, doch in der Zusammensetzung ihm nahestehende gleichfalls unter den stickstoffhaltigen Harnbestandtheilen kennen lernen. Dann haben Hlasiwetz und Weidel im Fleischextracte eine Substanz entdeckt, welche sie mit dem Namen Carnin bezeichnet haben, und welche die Bestandtheile eines Oxytheobromins, oder auch die von Sarkin und Essigsäure enthält. Das Carnin besteht aus $C_7 H_8 N_4 O_3$. Es ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich; Alkohol und Aether lösen es nicht. Mit Chlorwasserstoffsäure bildet es glasglänzende Nadeln von salzsaurem Carnin. Es gibt eine Farbenreaction, die ihm mit dem Sarkin gemeinsam ist. Erwärmt man eine kleine Menge mit frischem Chlorwasser und etwas Salpetersäure, bis die Gasentwickelung aufhört, verdampft dann zur Trockenheit und setzt den weissen Rückstand unter einer Glocke einer Ammoniakatmosphäre aus, so färbt er sich dunkel rosenroth. Es wird diese Reaction, welche noch ein paar anderen Körpern zukommt, nach ihrem Entdecker die Weidel'sche Reaction genannt.

Endlich hat Liebig in seiner berühmten Arbeit über die Bestandtheile des Fleisches die Inosinsäure beschrieben, von der er das Barytsalz analysirt hat, und der er die Formel $C_5 H_8 N_2 O_6$ gibt. Diese Säure soll in ihren Lösungen den Geschmack der Fleischbrühe haben. Sie ist von Hlasiwetz bei der Untersuchung des Fleischextractes nicht wieder aufgefunden worden, sie scheint also nicht immer, nicht in allem Fleische vorzukommen.

Ausser diesen organischen Bestandtheilen enthält das Fleisch eine Quantität anorganischer Bestandtheile, von welchen für unsere Ernährung namentlich die phosphorsauren Salze von Wichtigkeit sind. Es muss hier hervorgehoben werden, dass die Hauptmasse der phosphorsauren Salze im Fleische phosphorsaures Kali ist. Kali und Natronsalze sind im Blute und im Muskelfleische keineswegs gleichmässig vertheilt, im Blute herrschen die Natronsalze, im Muskelfleische die Kalisalze vor.

Wenn wir das Fleisch geniessen wollen, so pflegen wir es zu kochen oder zu braten. Man hat vorgeschlagen, das lieber zu unterlassen und das Fleisch roh zu essen, da ja die Thiere, die im Naturzustande leben, dem sich der Mensch möglichst zu nähern suchen müsse, das Fleisch auch roh verzehren. Die Welt hat aber daran keinen Geschmack gefunden, und ausserdem hat das Kochen schon darin seinen guten Grund, dass wir uns durch dasselbe vor den Parasiten sicher stellen, und vor den Ansteckungsstoffen, welche etwa im Fleische enthalten sein können. In Rücksicht auf die Parasiten liegt die Sache, namentlich seit den Erfahrungen, die wir in neuerer Zeit über ihre Wanderungen gemacht haben, auf der Hand. Es wird Niemand mehr empfehlen, rohes Schweinefleisch zu essen, seit die Trichinen einen solchen Schrecken über ganz Europa verbreitet haben. Aber auch in Rücksicht auf nicht greifbare, nicht sichtbare Contagien ist das Kochen oder Braten des Fleisches gewiss von hoher Wichtigkeit, denn es hat sich gezeigt, dass von Thieren, die an ansteckenden Krankheiten gelitten hatten, das Fleisch ohne Schaden genossen worden ist, wenn es vorher gehörig gekocht war. Es dürfte jetzt beiläufig 40 Jahre her sein, dass in Böhmen eine grosse Rinderpest war, und dort eine Menge Vieh erschlagen und verscharrt wurde. Es ist später ruchbar geworden, dass arme Leute zur Nachtzeit diese Cadaver ausgegraben haben, dass sie das Fleisch gekocht und sich davon genährt haben, ohne dadurch an ihrer Gesundheit Schaden zu erleiden. Im Uebrigen muss anerkannt werden, dass rohes Fleisch unter Umständen dem gekochten vorzuziehen ist. Man hat schwache, abgemagerte Kinder noch mit gutem Erfolge mit rohem Fleische ernährt, wo es mit gekochtem und gebratenem allein nicht in gleicher Weise gelingen wollte. Schwieriger ist es zu entscheiden, ob dies daher rührte, dass das rohe Fleisch leichter verdaulich war, oder daher, dass die Siedhitze in den Eiweisskörpern Zerstörungen anrichtet, die ihren Nährwerth herabsetzen. Die Frage, ob denn das Fleisch durch das Kochen schwerer verdaulich werde, kann man bejahen und verneinen, je nach den Bestandtheilen des Fleisches, welche man in Betracht zieht. Die Eiweisskörper im Fleische werden durch das Kochen entschieden schwerer verdaulich, da sie gerinnen, und wir werden später sehen, dass sie von dem sauren Magensafte im gekochten Zustande viel schwerer gelöst werden, als im ungekochten Zustande. Dagegen aber wird das Bindegewebe durch das Kochen seiner Umwandlung in Leim entgegengeführt. Im rohen Fleische, welches in Stücken, nicht schon fein zerkleinert, in den Magen hineinkommt, sind die Eiweisskörper in dem Gerüste von Bindegewebe zusammengehalten und dadurch im Innern vor der Einwirkung des Magensaftes geschützt, der Magensaft kann nur auf der Oberfläche einwirken. Wenn dagegen das gekochte Fleisch in den Magen kommt, wird das Bindegewebe zwischen demselben sehr bald aufgelöst, und in Folge davon zerfällt nun das Muskelfleisch in lauter einzelne Muskelfasern, die der Einwirkung des Magensaftes leichter zugänglich sind. Ich muss übrigens hiebei von vorneherein bemerken, dass man die Brauchbarkeit einer Fleischspeise nicht immer nach ihrer leichten Verdaulichkeit beurtheilen darf. Dazu hat man allerdings Ursache bei Kranken und bei schwächlichen Personen, denen das Unverdaute lästig im Magen liegt. Wenn es sich aber darum handelt, sonst gesunde und

kräftige Individuen mit einer möglichst geringen Menge von Eiweisskörpern gut zu ernähren, so ist es möglicher Weise gar nicht vortheilhaft, wenn diese Eiweisskörper der Einwirkung der Verdauung zu schnell unterliegen: denn wir werden später sehen, dass gewöhnlich ein Theil der Eiweisskörper bei der Verdauung soweit verändert wird, dass die entstandenen Producte sich wahrscheinlich nicht zu Eiweisskörpern regeneriren, sondern direct weiter zerfallen, zerfallen bis zu den weiteren Zersetzungsproducten, welche endlich als solche ausgeschieden werden, während die weniger veränderten Eiweisskörper nach ihrer Resorption zum Aufbau und zum Ersatze des Organismus dienen. Es ist vielleicht nicht in jeder Hinsicht vortheilhaft, wenn der Auflösungs-, Umwandlungs- und Zerfällungsprocess, den wir Verdauung nennen, zu rasch fortschreitet. Es ist also vielleicht für die Oekonomie mit den Eiweisskörpern vortheilhafter, wenn dieselben nicht so schnell verdaut und, ehe sie zur Resorption kommen, nicht so weit verändert werden.

Wenn wir das Fleisch kochen, so trennen wir dabei, wenn auch unvollkommen, die in heissem Wasser löslichen und die in heissem Wasser unlöslichen Bestandtheile. Eiweiss, welches bereits in das Wasser diffundirt ist, gerinnt in demselben und wird durch das sogenannte Abschäumen entfernt. Die übrigen Eiweisskörper gerinnen im Fleische. Dagegen gehen die löslichen Bestandtheile des Fleisches grösstentheils in die Brühe über und zugleich diejenigen Eiweisskörper, welche der Gerinnung etwa entgehen, und diejenigen Eiweisskörper, welche bei längerem Kochen wieder löslich werden. Schon Mulder wusste, dass Eiweisskörper, welche durch die Hitze gerinnen, sich bei längerem Kochen theilweise, wenn auch sehr langsam wieder auflösen, indem eine lösliche Verbindung gebildet wird, welche Mulder damals Trioxyprotein nannte. Nach vierzigstündigem Kochen hatten sich von 100 Theilen coagulirten Albumins fast 34 Theile wieder aufgelöst. Endlich geht noch der Leim in die Brühe über, welcher durch das Kochen der leimgebenden Substanzen gebildet wird. Die Menge des Leimes, welcher in die Brühe übergeht, ist abhängig erstens von dem Alter des Thieres, indem bei jungen Thieren das Bindegewebe viel leichter in Leim übergeführt wird, als bei alten, und zweitens von der Länge der Zeit, während welcher man kocht. Nach diesen Daten muss der Nährwerth der Fleischbrühe beurtheilt werden. Die Menge der Eiweisskörper darin ist unter allen Umständen eine geringe, um so geringer, je kürzer die Zeit ist, während welcher gekocht worden ist. In Rücksicht auf die Menge der Eiweisskörper, welche in den Organismus eingeführt werden, spielt also die Fleischbrühe eine ganz untergeordnete Rolle, weil, wie wir gesehen haben, bei Weitem der grösste Theil der Eiweisskörper im geronnenen Zustande im Fleische zurückbleibt. Ueber den Nährwerth des Leimes, welcher in die Suppe übergeht, haben wir schon früher gesprochen. Wir haben gesehen, dass er dem Körper dienen kann, insofern er in demselben zersetzt wird, und seine Verbrennungswärme oder doch den grössten Theil derselben hergibt, dass er in diesem Sinne auch als Schutzmittel für die Eiweisskörper im Organismus dienen kann, welche sonst statt seiner verbrannt worden wären, dass er aber im Körper nicht zur Erzeugung von Eiweisskörpern dient, und wahrscheinlich beim Aufbaue unseres Organismus keine wesentliche Rolle spielt. Es bleiben also die löslichen Substanzen noch übrig, die Salze, welche im Fleische

enthalten sind, und diejenigen stickstoffhaltigen und stickstofflosen Bestandtheile, von denen wir schon gesprochen haben. In den Salzen führen wir die zum Aufbaue und zur Befestigung unseres Knochensystems nothwendige Phosphorsäure ein. Man bezeichnet deshalb die Salze des Fleisches auch mit dem Namen der Nährsalze. Die Kohlehydrate im Fleische sind an Menge gering. Wenn das Fleisch frisch in den Topf kommt, ist Glycogen, Inosit, Zucker und Milchsäure darin enthalten, wenn es längere Zeit gehangen hat, so sind die Kohlehydrate bereits Veränderungen eingegangen, über deren Natur und Tragweite noch verschiedene Ansichten herrschen. A priori sollte man meinen, dass sie darin bestehen, dass aus dem Glycogen Zucker und aus Zucker und auch aus Inosit Milchsäure entsteht. Doch muss bemerkt werden, dass die aus Muskeln dargestellte Milchsäure nicht identisch ist mit der gewöhnlichen Gährungsmilchsäure. Letztere ist optisch inactiv, die Fleischmilchsäure oder Paramilchsäure aber dreht die Polarisationsebene nach rechts.

Es bleiben noch die stickstoffhaltigen Substanzen des Fleischsaftes; aber wir müssen gestehen, dass wir bis jetzt von keiner derselben mit völliger Sicherheit ihre physiologische Wirkung kennen. Es sind mit dem Kreatin, dem Kreatinin und mit dem Carnin Versuche angestellt worden, die aber bis jetzt zu keinem entscheidenden Resultate geführt haben. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als bisher nur der hohe Preis dieser Stoffe uns gehindert hat, ausgedehntere Versuchsreihen anzustellen.

Es ist behauptet worden, das, was wesentlich in der Fleischbrühe nützlich ist, seien die sogenannten Nährsalze, und die ganze Fleischbrühe wirke wesentlich wie eine Auflösung dieser Salze. Das scheint indess mit der Erfahrung nicht übereinzustimmen. Nicht nur alle Aerzte, sondern auch alle Patienten stimmen darin überein, dass die Fleischbrühe ein Mittel sei, welches erfrische und kräftige, welches die Reconvalescenten stärke u. s. w. Ich glaube nicht, dass die Aerzte und die Patienten ein ähnlich günstiges Urtheil fällen würden, wenn man den letzteren dafür die entsprechende Menge einer warmen Lösung von phosphorsaurem Kali mit Kochsalz einflössen würde. Worauf aber die Wirkung der Fleischbrühe beruht, das können wir bis jetzt nicht sagen. So günstig wir aber auch über die Fleischbrühe als Genussmittel und als Hilfsmittel bei der Ernährung urtheilen, so können wir ihr doch keineswegs einen gleich hohen Rang als Nahrungsmittel anweisen. Wir haben früher gesehen, dass man schwachen, abgemagerten Kindern die Kuhmilch mit Fleischbrühe statt mit Wasser verdünnt, und dass man dies im Ganzen mit dem besten Erfolge gethan hat. Ganz anders hat sich aber die Sache gestellt, wenn man versucht hat, Kinder ausschliesslich mit Fleischbrühe zu ernähren, die Fleischbrühe der Milch zu substituiren. Es geschieht nicht selten, dass Kinder, die künstlich ernährt werden, die Milch, welche man ihnen verschaffen kann, durchaus nicht vertragen, dass sie von einer Diarrhoe befallen sind, die nicht steht, so lange sie die Milch bekommen, die aufhört, wenn sie ihnen entzogen wird, und gleich wieder eintritt, wenn man ihnen die Milch wieder gibt. In solchen Fällen hat man einige Male versucht, und ich bin selbst einmal unfreiwilliger Zeuge davon gewesen, solche Kinder statt mit Milch mit Fleischbrühe zu ernähren. Es tritt dann ein jäher Verfall ein, so dass man in kurzer Zeit genöthigt ist, das Regime zu ändern. Die Ursache davon ist leicht einzusehen.

Die Fleischbrühe enthält relativ zum Wasser und zu den Salzen zu wenig nährende organische Bestandtheile, zu wenig Eiweisskörper, zu wenig Kohlehydrate, und das Fett nicht in so leicht assimilirbarem Zustande wie die Milch.

Das ist auch ein Punkt, der wohl zu beherzigen ist, wenn man die Fleischbrühe als Ernährungsmittel für Kranke anwendet. In einigen Krankenhäusern pflegt oder pflegte man an acuten Krankheiten leidenden Patienten, wenn sie stärker fiebern, namentlich Typhuskranken, Alles mit Ausnahme der „lauteren Suppe“ zu verbieten. Ich will ganz davon absehen, dass in Spitälern der Gehalt der lauteren Suppe schwer zu controliren ist: ich will voraussetzen, dass die Patienten wirklich mit einer vortrefflichen Fleischbrühe versorgt werden, so ist damit doch immer noch verhältnissmässig wenig für ihre Ernährung gethan. Es werden ihnen allerdings Salze mit der Fleischbrühe zugeführt zum Ersatz derer, die sie fortwährend durch den Urin verlieren, andererseits werden aber auch dem Blute Zersetzungsproducte von Eiweisskörpern zugeführt, mit denen es bei Fieberkranken voraussichtlich an sich schon überladen ist. Die Menge der zugeführten organischen Nährsubstanzen ist verhältnissmässig gering. Es gehört nun aber nicht allein zu den Pflichten des Arztes, das Leben des Kranken zu erhalten, sondern auch ihm eine möglichst rasche und vollkommene Reconvalescenz zu verschaffen, ihn so wenig als möglich herunterkommen zu lassen. Dies kommt namentlich bei solchen Kranken in Betracht, für welche, wie für die Typhuskranken, die Zeit des Fieberns und des Fastens lang ist. Man hat deshalb im Norden von Deutschland und in Schweden vielfältig solchen Kranken Abkochungen von Kohlehydraten, oder vielmehr von den die Kohlehydrate enthaltenden Cerealien gegeben, durchgeseihte Abkochungen von Hafergrütze oder Gerstgraupen und von Reis. Gewöhnlich wird denselben noch Zucker und Kochsalz, und auch etwas Butter zugesetzt. In Schweden hat man mehr als anderswo und, wie es heisst, mit gutem Erfolge versucht, ihnen auch Milch zu geben. In Rücksicht auf die praktischen Erfolge, in Rücksicht auf die Mortalität bei dem einen oder bei dem andern Regime lässt sich schwer etwas Bestimmtes aussagen, da zu viele andere Momente auf dieselbe einwirken; wenn man sich aber fragt, welches Regime dasjenige ist, welches voraussichtlich den Körper des Kranken mehr conservirt, so muss man sagen, dass es das letztere sei. Denn, wenn es gelingt, dem Kranken Milch ohne Nachtheil beizubringen, so hat er darin ein vollkommeneres Nahrungsmittel, worin alle drei Gruppen unserer Nahrungsmittel in reichlicherer Menge vertreten sind, als in der Fleischbrühe, und auch wenn es nur gelingt, die Bestandtheile der erwähnten Abkochungen, neben denen ja Fleischbrühe nicht ausgeschlossen ist, ohne Nachtheil zuzuführen, so ist damit etwas Wesentliches gewonnen, weil dadurch das Materiale des Körpers geschont wird. Alles, was über die Fleischbrühe gesagt worden ist, gilt auch mutatis mutandis für das Liebig'sche Fleischextract, indem dieses eine condensirte fettfreie Fleischbrühe ist und auch unmittelbar zur Bereitung der Fleischbrühe benutzt wird, indem man es mit heissem Wasser verdünnt und mit Grünzeug u. s. w. aufkocht. Also auch das Liebig'sche Fleischextract ist keine Substanz, mit welcher man Jemand ernähren kann. Wenn man versuchen wollte, die dazu nöthigen Massen zuzuführen, so würde die Wirkung der Salze,

namentlich der Kalisalze, die bekanntlich, wenn man über gewisse Dosen hinausgeht, eine deletäre ist, so in den Vordergrund treten, dass man in der kürzesten Zeit von diesem Versuche würde abstehen müssen. Zu bemerken ist überdies, dass Fleischextract mehr Ammoniakverbindungen als frische Fleischbrühe enthält und die letztere deshalb, wo man sie haben kann, vorzuziehen ist. Eiweisskörper längere Zeit mit Wasser gekocht, bilden immer etwas Ammoniak: die grössere Menge desselben im Fleischextract entsteht wahrscheinlich während des Einkochens auf Extractconsistenz.

Viel ist über den Nährwerth des ausgekochten Fleisches gestritten worden. Man hat eine Zeit lang behauptet, dass dasselbe ganz werthlos sei, weil es selbst von hungrigen Hunden verschmäht werde. Dem ist aber nicht so. Versuche, bei denen es dem Schweinefutter zugesetzt wurde, haben seinen Nährwerth bewiesen. Dass es von den Hunden verschmäht wird, hat zunächst seinen Grund in der insipiden Beschaffenheit dieses Fleisches. Die löslichen Substanzen, die ihm seinen Geschmack und Geruch verleihen, sind ihm entzogen worden. Bis zu einem solchen Grade, wie es in jenen Versuchen geschah, pflegen wir übrigens das gekochte Fleisch nicht zu erschöpfen, und seiner geringeren Wirkung auf die Geschmacksnerven und auf die Absonderung der Verdauungsflüssigkeiten pflegen wir dadurch abzuhelfen, dass wir es mit reizenden Substanzen, mit pikanten Saucen geniessen, wir pflegen Fett hinzuzufügen u. s. w. Auf diese Weise machen wir einen ausgedehnten Gebrauch davon, und offenbar mit gutem Erfolge, da Dienst- und Arbeitsleute überall Werth darauf legen, nicht nur die Suppe zu bekommen, sondern auch das Fleisch, von dem die Suppe gekocht ist.

Wenn wir das Fleisch braten, so pflegen wir es vorher noch längere Zeit nach dem Schlachten aufzubewahren, als dies bei dem Fleische, das für die Suppe bestimmt ist, zu geschehen pflegt. Die Erfahrung lehrt, dass dann das Fleisch beim Braten mürber, dass es zarter wird, und das beruht auf der Säurebildung im Fleische während des Hängens, durch welche das Bindegewebe des Fleisches gequellt wird, so dass es beim Braten sich leichter in Leim verwandelt, als dies beim frisch geschlagenen Fleische der Fall sein konnte. Auch auf das Muskelfleisch selbst wirkt wahrscheinlich die gebildete Säure, denn wir wissen, dass auch die Muskelfasern in verdünnten Säuren aufquellen, wenn sie auch keiner solchen Metamorphose entgegengeführt werden, wie dies bei den leimgebenden Geweben der Fall. Hiemit hängt es auch zusammen, dass das Fleisch von Thieren, welches beim Braten besonders schwer mürbe wird, z. B. das von alten Auerhähnen, erst in Essig eingebeizt wird und längere Zeit in Essig liegen muss. Der Essig thut hier denselben Dienst in noch energischerer Weise, den beim Hängen des Fleisches die in den Muskeln gebildete Säure leistet. Die Essigsäure wirkt auf das Bindegewebe und in zweiter Reihe auf die Muskelfasern. Das Braten selbst hat den Vortheil, dass es die löslichen Bestandtheile erhält, mit Ausnahme des Bruchtheiles, der in die Sauce übergeht, und dass es an der Oberfläche des Fleisches Zersetzungsproducte erzeugt, die erregend auf unsere Geschmacksnerven wirken.

Anderweitige Processe, das Fleisch für die Consumtion vorzubereiten, bestehen darin, dass man es räuchert oder selcht, Processe die in ihren

Zwecken identisch sind, beide darauf hinauslaufen, gewisse Destillationsproducte des Holzes dem Fleische einzuverleiben, nur dass dies beim Räuchern und beim Selchen in verschiedener Weise geschieht. Früher wurde namentlich im Norden von Europa sehr viel geräuchertes Fleisch in rohem Zustande genossen. In neuerer Zeit, seit die Trichinenfurcht sich über Europa verbreitet hat, geschieht dies nicht mehr in derselben Ausdehnung wie früher. Es ist wahrscheinlich, dass das rohe geräucherte Fleisch mindestens einen ebenso hohen, vielleicht einen höheren Nährwerth hat als das gekochte, und die Erfahrung lehrt auch, dass manche Reconvalescenten früher rohes geräuchertes Fleisch, westphälischen Schinken, vertragen als frisches Fleisch. Wenn dagegen das geräucherte Fleisch noch gekocht wird, so wird es härter, widerstandsfähiger und schwerer verdaulich als das frisch gekochte oder gebratene Fleisch. Es muss das Kranken und schwächlichen Individuen gegenüber berücksichtigt werden. Es geht aber keineswegs daraus hervor, dass das gekochte geräucherte Fleisch, abgesehen davon, dass ihm während des Pökelns ein Theil seines Saftes und damit auch Eiweiss entzogen ist, ein schlechteres Nahrungsmittel für sonst gesunde aber nahrungsbedürftige Individuen ist: denn wir haben schon früher gesehen, dass möglicher Weise, das am leichtesten verdauliche Fleisch gar nicht dasjenige ist, welches für den Körper am vortheilhaftesten ausgenützt wird. Es zeigt sich, dass die meisten Leute eine grössere Menge von Fleisch vertragen, wenn sie abwechselnd frisches und geräuchertes Fleisch bekommen, als wenn sie nur frisches bekommen. Manche Menschen, die es nicht durchführen können, Mittags und Abends frisches Fleisch zu essen, die davon Diarrhoe bekommen, können es durchführen, Mittags frisches, Abends geräuchertes Fleisch oder umgekehrt zu essen. Der Vorwurf, dass gesalzenes und geräuchertes Fleisch Scorbut erzeuge, gilt nur da, wo ausschliesslich Salzfleisch genossen wird und frisches Fleisch und frische Gemüse fehlen.

Einer besonderen Erwähnung verdient noch das Fleisch der Fische. Es enthält alle nahrhaften Bestandtheile des Fleisches der Säugethiere und der Vögel, aber es hat einen grösseren Wassergehalt. Es kann also vollkommen die Fleischnahrung ersetzen, nur müssen etwas grössere Quantitäten davon eingeführt werden. Dass die Fische die Fleischnahrung vollkommen ersetzen können, das zeigt sich an der Fischerbevölkerung der deutschen Nord- und Ostseeküsten, die das ganze Jahr über, ausser an den höchsten Festtagen, kein anderes Fleisch als Fischfleisch isst, und nichtsdestoweniger sich durch Grösse, Stärke, Arbeitsfähigkeit und namentlich durch Ausdauer in Wind und Wetter auszeichnet. Bei uns im Binnenlande haben die Fische im Allgemeinen Luxuspreise, so dass sie keine wesentliche Rolle bei der Volksernährung spielen. Es könnte dies jedoch an einigen Orten, namentlich an den Seen Oberösterreichs und des Salzkammergutes anders sein. Ein Theil unserer ländlichen Bevölkerung in jenen Gegenden leidet unter dem Mangel an Fleischnahrung. Die Leute essen nicht gerade wenig, sie hungern nicht, aber sie essen unzweckmässig. Dass sie wirklich durch den Mangel an Fleischnahrung leiden, davon überzeugt man sich am besten, wenn man von Dorf zu Dorf geht und sich überall die Familie des Fleischhauers ansieht. Diese scheint immer einer andern Menschenrace, als die übrige ländliche Bevölkerung anzugehören. Der Fehler wird schon während der Aufzucht

gemacht. Das Fleisch, welches zu Hause in der Familie gekocht und mit den Kindern verzehrt werden sollte, isst der Vater Sonntags im Wirthshause, und die Kinder, denen es vor andern Noth thäte, werden fast ausschliesslich mit vegetabilischer Nahrung und Milch gefüttert, und doch könnten an manchen dieser Seen, z. B. am Attersee, die müssigen Kinder leicht so viel Fische mit der Angel fangen, wie sie zur Regulirung ihrer Ernährung brauchen. Aber die ordinären Fische, die verschiedenen Cyprinusarten, die dort in Menge vorkommen, sind verachtet, weil sie viele Gräten haben. Man überlasst ihren Fang, auch da wo Niemand am Angeln gehindert wird, ja oft da, wo das Haus selbst eine Fischereigerechtigkeit besitzt, ausschliesslich den Fischern von Profession, und diese füttern damit Forellen und Saiblinge, um solche um hohen Preis nach Ischl und nach Wien zu verkaufen.

Die Vogeleier.

Das Volk schreibt den Eiern einen ganz besonderen Nährwerth zu. Wenn wir die Menge der Eiweisskörper in den Eiern mit denen im Fleische vergleichen, so ist dies durchaus nicht gerechtfertigt. Ausser dem Vitellin, dem Eiweisskörper des Dotters, enthält der letztere ein leicht verdauliches Fett. Aber auch das kann die grosse Vorstellung nicht rechtfertigen, welche man sich von dem Nährwerth der Eier gebildet hat. Es ist jedoch die Möglichkeit vorhanden, dass die Eier wirklich in einer bestimmten Beziehung mehr werth sind als das Fleisch: sie enthalten in ihrem Dotter eine beträchtliche Menge von Lecithin. Nun wissen wir bis jetzt nicht, ob wir dieses in unserem Organismus bilden können, oder ob wir es in Substanz einführen müssen. Sollte das letztere der Fall sein, dann würde man allerdings dem Eidotter einen besonderen Werth zuschreiben müssen, weil wir mit ihm eine beträchtliche Menge Lecithin in den Organismus einführen.

Pflanzliche Nahrungsmittel.

Unter den einheimischen Getreidesorten nimmt der Weizen den ersten Platz ein. Er steht zunächst vor allen andern Getreidesorten obenan mit der Menge seiner Eiweissstoffe, indem er im Mittel nach König 123,5 nach Moleschott 135,37 auf 1000 Theile enthält. Er wird an Stärkemehl, wovon er 568,64 auf 1000 enthält, und an Kohlehydraten überhaupt nur vom Reis und vom Mais übertroffen, und nur der Reis enthält weniger Zellstoff als er. An Fett ist er relativ arm, er enthält nur 18½ pro mille.

Einen besonderen Werth erhält der Weizen, wie schon erwähnt, dadurch, dass er einen grossen Theil seiner Eiweissstoffe in Gestalt von Kleber enthält, und deshalb aus ihm das leichteste und poröseste Brod gebacken werden kann.

Die Bereitung des Brodes besteht bekanntlich darin, dass aus dem Weizenmehl ein Teig angemacht, dass derselbe gesalzen wird, und dass man ihn dann einem Gährungsprocesse überlässt, vermöge dessen sich

Kohlensäure entwickelt, die den Teig blasig auseinandertreibt, ihn porös macht, dass dann das ganze in eine erhöhte Temperatur gebracht wird, um die Stärke in Kleister, beziehungsweise in Dextrin und Zucker überzuführen, um das Brod, wie man sich ausdrückt, gar zu machen. Der mittlere Theil des Brodes bleibt feucht, die Rinde aber trocknet aus, ihre Temperatur steigt auf 120^0 und darüber, und so wird ihr Amylum in ein Gemenge von löslicher Stärke und Erythrodextrin umgewandelt, wie wir es unter dem Namen des Leiokoms, des gewöhnlichen käuflichen Dextrins, durch Rösten von Stärke bereiten. Deshalb ist auch ein viel grösserer Theil der Rinde im Wasser löslich als von der Krume des Brodes. Es sind also die Laien im Rechte, wenn sie glauben, dass die Rinde des Brodes leichter verdaulich sei als die Krume desselben. Denn in der Krume ist nur das Dextrin enthalten, welches sich beim Säuerungsprocesse, beim Gährungsprocesse, bildete und dem Zerfalle in weitere Producte, Zucker, Milchsäure, Alkohol und Kohlensäure entging, in der Rinde aber ist das ganze Amylum durch Rösten verändert.

Bei der Gährung des Brodteiges wird ein, wenn auch nicht grosser Theil der Eiweisskörper zerstört. Man hat daran gedacht, dies zu vermeiden, indem man die Gasblasen, welche den Teig auseinandertreiben sollen, auf andere Weise erzeugt. Man hat dem Brodteige nacheinander kohlensaures Natron und Salzsäure zugesetzt. Auf diese Weise hat man einmal das Kochsalz erzielt, das man dem Teige sonst als solches zusetzt, und zweitens auch die Kohlensäure, welche dazu dient, das Brod porös und leicht zu machen. Hierauf beruht die Bereitung des englischen Patentbrodes. Es hat dasselbe aber keine grosse Verbreitung gefunden, wenigstens bei uns nicht, weil es einen faden Geschmack hat, weil ihm eben derjenige specifische Geschmack fehlt, welcher dem Brode durch den Gährungsprocess gegeben wird.

Nach dem Weizen ist bei uns zu Lande der Roggen zu nennen. Er steht an Eiweisskörpern nicht unbeträchtlich niedriger als der Weizen, mit $107\frac{1}{2}$ in 1000 nach Moleschott und 115,2 in 1000 nach König. Er steht an Stärkemehl gleichfalls niedriger, aber nur unbedeutend, mit 555 in 1000 gegen $568\frac{1}{2}$ im Weizen, dafür enthält er eine grössere Menge von Dextrin, $84\frac{1}{2}$, während der Weizen nur $46\frac{1}{2}$ enthält, aber etwas weniger Zucker als der Weizen, indem der Weizen davon $48\frac{1}{2}$, der Roggen $28\frac{3}{4}$ pro mille enthält. Ausserdem enthält der Roggen eine grössere Menge von Zellstoff, $49\frac{1}{2}$, während der Zellstoff des Weizens sich nur mit $32\frac{1}{2}$ berechnet. Der Roggen gibt ferner, weil der Teig, der aus dem Roggenmehl bereitet wird, weniger zähe ist, ein weniger poröses, ein weniger leichtes Brod als der Weizen. Man kann aber nicht sagen, dass dieses Brod denjenigen, die einmal daran gewöhnt sind, nachtheilig sei. Die Vorwürfe, welche namentlich von englischen Schriftstellern dem Roggenbrode gemacht worden sind, sind völlig ungerecht. Die Erfahrung von Jahrhunderten hat bewiesen, dass eine Bevölkerung sich bei Roggenbrod gerade so gut ernähren kann, dass sie eben so stark und so kräftig sein kann, wie bei Weizenbrod, wenn es nur nicht an den übrigen Nahrungsmitteln fehlt. Im ganzen Norden des europäischen Continents ist das Weizenbrod ein Luxusbrod. Das wesentliche Nahrungsmittel an Brod ist Roggenbrod. Die Kriebelkrankheit, der morbus convulsivus cerealis, die Vergiftung mit Mutterkorn, kommt jetzt, wo der Mühlenprocess

besser geregelt und beaufsichtigt, und die Bevölkerung selbst über das Mutterkorn aufgeklärt ist, nur noch selten vor.

Dem Roggen reiht sich die Gerste an. In Rücksicht auf die Eiweisssubstanzen steht sie nach König dem Roggen nahezu gleich, nach Moleschott sogar etwas über ihm; aber die Menge des Zellstoffes ist noch bedeutend grösser ($97\frac{1}{2}$ in 1000) als beim Roggen und die Menge des Stärkemehls ist geringer, $482\frac{1}{2}$ auf 1000 Theile. Die Gerste wird ausnahmsweise und im hohen Norden zu Brod verbacken, oder richtiger gesagt, mit unter das Brod verbacken; sonst wird sie im Allgemeinen nur als Mehl, als Grütze verbraucht. Dasselbe gilt vom Hafer. Der Hafer steht in Rücksicht auf die Eiweisskörper schon niedriger mit $90\frac{1}{2}$, nach König mit 104 in 1000 und sein Zellstoff steigt schon auf $116\frac{1}{2}$. Der Stärkemehlgehalt ist wieder etwas höher als bei der Gerste, $503\frac{1}{2}$ in 1000. Auch der Hafer wird nur im hohen Norden noch mit unter das Brod verbacken, sonst wird das Mehl desselben nur als solches zu Brei verkocht oder andern Speisen zugesetzt. Vielfältig wird der Hafer zu Grütze vermahlen, aus welcher eine vortreffliche Tisane für Kranke gewonnen wird. In Schweden und namentlich in Schottland ist das Hafermehl und die Hafergrütze mehr Nahrungsmittel, als dies in den übrigen Ländern Europas der Fall ist. Hafer und Gerste werden deshalb in den nördlichen Ländern mehr cultivirt, weil sie noch in der kurzen Frist eines nordischen Sommers zur Reife gebracht werden können.

In dieser Beziehung müssen wir diesen Getreidesorten noch eine andere Frucht anschliessen, den Buchweizen oder Heiden, das Heidenkorn, angeblich so genannt, weil es die Hunnen mit nach Europa gebracht haben sollen. Der Buchweizen geht in seinem Gehalte an Eiweissstoffen noch unter den Hafer herunter, er enthält nur 78 auf 1000 Eiweisskörper, er enthält an Stärkemehl 457 in 1000, dabei aber eine fast doppelt so grosse Menge von Zellstoff als der Hafer. Nichtsdestoweniger wird er in grosser Ausdehnung angebaut, weil er eine verhältnissmässig kurze Frist zur Zeitigung gebraucht. Er wird aus diesem Grunde im hohen Norden von Europa angebaut, aber auch bei uns, namentlich in Steiermark, in grosser Ausdehnung als zweite Ernte.

Ein wichtiges Volksnahrungsmittel im Süden von Europa ist der Mais. Der Mais steht an Eiweisskörpern etwa dem Hafer gleich oder noch niedriger. Er steht aber an Stärkemehl über unseren besten Getreidesorten, indem er $637\frac{1}{2}$ pro mille Stärke aufweist, und dabei enthält er mehr Fett als irgend eine andere Getreidesorte, er enthält im Mittel 5% Fett. Dieser Fettgehalt kann nach Dumas fast auf 9% ($87\frac{1}{2}$ in 1000) nach Hellrigel sogar über 9% (91,6 in 1000) steigen. Dieser grosse Fettgehalt ist es, welcher den Mais namentlich zum Mastmittel geeignet macht, welcher ihm aber offenbar auch einen Werth als Nahrungsmittel für Menschen gibt. Bekanntlich ist in einem grossen Theile von Italien der Mais so sehr Volksnahrungsmittel, dass man sagen kann, der Mais sei das eigentliche, das Hauptnahrungsmittel der niederen Bevölkerung. Dem Mais haftet der Vorwurf an, dass er Veranlassung gebe zum Pellagra, zum Mal de sole, aber nicht der Mais an und für sich, sondern der durch einen Pilz verderbte, der einer Krankheit, einer Verderbniss unterworfene, die man in Italien mit dem Namen Verderame (Grünspan) bezeichnet.

Der Reis steht unter allen Getreidesorten, welche wir erwähnt haben, in Rücksicht auf die Eiweisskörper am allerniedrigsten. Er hat nur etwa 51, nach König 78, pro mille. Dagegen steht er am allerhöchsten in Rücksicht auf Stärkemehl, er enthält davon 823 auf 1000. Ausserdem enthält er noch etwas Dextrin und Zucker. Wir können uns mit keinem natürlichen Nahrungsmittel so entschieden auf Kosten von Kohlehydraten ernähren, als wenn wir Reis zu uns nehmen, oder richtiger gesagt, unter unseren Nahrungsmitteln ist kein Naturproduct, mit dem wir Kohlehydrate, insonderheit Stärke, in so concentrirter Form einführen könnten. Damit hängt es aber auch zusammen, dass Bevölkerungen, welche wie die Hindu in der Weise auf den Reis angewiesen sind, dass dieser Hauptnahrungsmittel und fast ausschliessliches Nahrungsmittel ist, in ihrer physischen Constitution zurückgehen, weil sie nicht die hinreichende Menge von Eiweisskörpern zu sich nehmen. Neben Fleisch oder anderweitiger stickstoffreicher Nahrung, und in gleichzeitiger Verbindung mit Fett ist aber natürlich der Reis ein vortreffliches Nahrungsmittel.

Die Früchte der Leguminosen sind zwar kein so allgemeines und entschiedenes Volksnahrungsmittel, wie die Getreidesorten, aber sie bilden doch eine wesentliche Hilfe nicht nur wegen der Kohlehydrate, wovon sie etwa 50% enthalten, grösstentheils Amylum, sondern durch ihren bedeutenden Gehalt an Eiweisskörpern, besonders an Legumin, welches mit dem Amylum zusammen in den Zellen eingelagert ist. Diese Eiweisssubstanzen steigen hier viel höher, als sie bei irgend einer Getreidesorte steigen. Die Erbsen haben $223\frac{1}{2}$ pro mille, die Schminkbohnen $225\frac{1}{2}$ und die Linsen sogar 265 pro mille. Die Linsen sind also das stickstoffreichste Pflanzennahrungsmittel, das uns überhaupt zu Gebote steht, und sie sind am meisten geeignet, da wo es an thierischer Nahrung fehlt, diese zu ersetzen. Freilich muss man bei allen diesen Werthbestimmungen berücksichtigen, dass es an genauen Untersuchungen darüber fehlt, wie viel von den stickstoffhaltigen Substanzen im verdaulichen Zustande in der Frucht enthalten sei, und thatsächlich zur Nahrung dienen könne. Klein ist aber die Summe der nährenden Eiweisskörper in den Leguminosen sicher nicht; das zeigt die Menge des Legumins, das man direct in Lösung gewinnen kann. Von diesem weiss man sicher, dass es verdaulich ist, während bei den meisten Getreideanalysen der Gehalt an Eiweisskörpern, oder wie man jetzt correcter sagt, an stickstoffhältiger Substanz, aus dem Gehalt an Stickstoff berechnet wurde, indem man annimmt, dass die Eiweisskörper im Durchschnitt 16 p. C. ihres Gewichtes an Stickstoff enthalten. Es kann aber in den Getreidesorten Stickstoff noch in anderen, vielleicht unverdaulichen Verbindungen enthalten gewesen sein.

Ausser den Samen der Getreidearten und der Leguminosen ist bei uns in Mitteleuropa und auch im nördlichen Europa die zweite Basis der Volksernährung die Kartoffel. Wenn man die Zusammensetzung der Kartoffeln ansieht, so findet man, dass sie an Eiweisssubstanzen sehr wenig enthalten, nach älteren Angaben nur etwas über 13, nach König 19 pro mille, und dass sie selbst in Rücksicht auf das Stärkemehl niedrig stehen, indem sie nur $154\frac{1}{2}$ pro mille enthalten. Es hängt dies mit dem grossen Wassergehalte zusammen, welchen sie verglichen mit den Samen der Getreidearten und der Leguminosen haben. Sie sind also im Allgemeinen ein wenig concentrirtes und ausserdem an Zellstoff ziemlich reiches

Nahrungsmittel. Dass sie dennoch die halbe Welt erobert haben, das hängt zusammen mit den Productionsverhältnissen und den wiederum von diesen Productionsverhältnissen abhängigen Preisen. Es kann eben in einem grossen Theile von Mittel- und Nordeuropa ein gegebener Nährwerth auf keine andere Weise so wohlfeil erbaut werden als durch den Kartoffelbau, und deshalb ist die Kartoffel in diesem Theile von Europa eine nothwendige Grundlage der Volksernährung geworden. Alles, was man in früherer Zeit den Kartoffeln nachtheiliges nachgesagt hat, ist unrichtig. Die Kartoffeln sind ein gutes und ein vortreffliches Nahrungsmittel, so lange man noch ein anderes stickstoffreicheres und ausserdem Fett daneben hat: sie bewähren sich, so lange es an der hinreichenden thierischen Nahrung, bestehe sie in Fleisch oder in Fischen, nicht gebricht. Das zeigt wiederum die Bevölkerung der deutschen Ost- und Nordseeküsten, welche Kartoffeln in grösster Ausdehnung geniesst, der aber dabei noch Fische als thierisches Nahrungsmittel zu Gebote stehen. Auch die Irländer haben sich bei der Kartoffelnahrung im Allgemeinen nicht schlecht befunden, indem sie neben derselben Buttermilch in grossen Quantitäten zu sich nahmen. Vor dem Hereinbrechen der Kartoffelkrankheit bestand die Basis der ganzen Ernährung des armen Irländers auf dem Lande wesentlich darin, dass er Kartoffel ass, und dass er Buttermilch dazu trank: er ist dabei gediehen und hat ein sprichwörtlich hohes Alter erreicht. Eine verheerende Seuche, der sogenannte Hungertyphus, brach erst aus, nachdem die Kartoffeln in Folge der Kartoffelkrankheit verdorben waren. Nur eines kann man den Kartoffeln mit Recht nachsagen, dass sie, wenn sie von Jugend auf in grosser Menge genossen werden, weite Bäuche machen, und an ein grosses Volum von Nahrungsmitteln gewöhnen. Das hat sich auch damals in Irland gezeigt. Es wurde von den Engländern sogleich werkthätige Hilfe geleistet und Fleisch, Weizenbrod u. s. w. nach der grünen Insel geschickt; es zeigte sich aber, dass man viel zu kurz gerechnet hatte, weil die Irländer an ein grosses Volum von Nahrung gewöhnt, von diesen nahrhaften und concentrirten Nahrungsmitteln eine viel grössere Menge consumirten als der von Jugend auf mit ihnen ernährte Engländer.

Als weitere vegetabilische Nahrungsmittel haben wir die auf verschiedene Art zubereiteten Wurzeln und Rüben und die Gemüse namentlich die verschiedenen Arten von Kohl und Kraut, welche wir geniessen, zu erwähnen. Sie sind alle im Verhältnisse wenig concentrirte Nahrungsmittel, indem sie bei ihrem grossen Wassergehalte weder hervorragende Mengen von Eiweisskörpern, noch von Kohlehydraten enthalten. Sie werden also auch im Allgemeinen nicht die Grundlage der Volksernährung bilden, selbst bei uns Deutschen nicht, die wir bei unseren westlichen Nachbarn als Sauerkrautesser bekannt sind; aber sie unterstützen dieselbe und bringen eine wohlthätige Abwechselung in unsern Tisch, welche uns vor den Uebeln bewahrt, welche eine zu einförmige Ernährung nach sich zieht, und zugleich das beste Heilmittel gegen diese Uebel ist. Dasselbe muss man von den Baumfrüchten sagen. Diese spielen noch weniger als die Gemüse eine wesentliche Rolle in der Ernährung im Grossen und Ganzen. Sie sind, wenigstens in unseren Klimaten, mehr Genussmittel. Abgesehen von der Abwechslung, die sie auf unserem Tische hervorbringen, ist der grosse, der specifische Nutzen für die

Gesundheit, welchen man ihnen zugeschrieben hat, durch nichts bewiesen. Es wird oft behauptet, namentlich von Laien, dass das Obst besonders gesund sei. Manche Eltern, die ihren Kindern aus Aengstlichkeit alles Mögliche entziehen, lassen sie Obst nach Belieben essen, denn Obst, heisst es, ist ja sehr gesund. Das sind Redensarten, die durch nichts begründet sind. Wenn man die Kinder in den Gegenden ansieht, wo sie Obst essen können, so viel sie wollen, so sind sie nicht gesünder als die andern, die davon wenig oder nichts bekommen. Der einzige Unterschied ist der, dass sie häufiger an Diarrhoë leiden, allenfalls auch, dass sie schlechtere Zähne haben, was indessen nicht immer zutrifft.

Gegohrene Getränke.

Wir machen hier billig mit dem ältesten derselben, mit dem Weine den Anfang. Der Wein entsteht aus dem Traubensafte bekanntlich dadurch, dass ein grösserer oder geringerer Theil des Zuckers, der darin enthalten ist, in Kohlensäure und Alkohol zerfällt. Die Menge des Zuckers, welcher der Zersetzung anheimfällt, und somit der Alkoholgehalt des Weines, hängt einerseits ab von der Menge des ursprünglich vorhandenen Zuckers, andererseits von der Menge der stickstoffhaltigen Substanzen, die den Gährungsprocess kürzere oder längere Zeit unterhalten. Es ist viel gestritten worden über die Vorzüge und die Nachtheile des Weines. Es ist viel darüber gestritten worden, ob man den Kindern schon in verhältnissmässig früher Zeit Wein geben dürfe, oder ob man ihnen denselben vorenthalten solle, bis sie erwachsen sind. Es sind dies Fragen, die schwer allgemein zu beantworten sind. In Rücksicht auf die Kinder handelt es sich um die Körperbeschaffenheit der einzelnen, und um die Menge des Weines, welche ihnen verabreicht werden soll. Man kann aber im Grossen und Ganzen fragen: Wie sieht es aus mit der Bevölkerung und dem Gesundheitszustande in denjenigen Ländern, wo der Wein wächst und von dem grössten Theile der Bevölkerung genossen wird, und da, wo er nicht wächst? Da muss man dann sagen, dass man die üblen Folgen des Weines für die Gesundheit häufiger in denjenigen Ländern sieht, in denen der Wein nicht wächst, als man sie in den Ländern sieht, wo er wächst. In einem grossen Theile der Weinländer wird der Wein nicht häufig im Uebermasse genossen, weil das Klima nicht dazu auffordert. Aber auch da, wo er wie bei uns, in verhältnissmässig bedeutender Menge genossen wird, sieht man doch die Nachtheile davon weniger, als man sie gerade in denjenigen Ländern sieht, wo der Wein nur einer geringeren Menge von Individuen zugänglich ist, wo er nicht wächst, wo er allerlei Reisen und Proceduren durchgemacht hat, ehe er an Ort und Stelle ankam. Jedenfalls kann man dem Weine das Gute nachsagen, dass er unter den drei gegohrenen Getränken, Wein, Bier und Branntwein, dasjenige ist, welches noch am wenigsten nachtheilig auf die physischen und moralischen Eigenschaften der Volksmassen gewirkt hat. Er ist in neuerer Zeit vielfältig durch das Bier verdrängt worden, und man sieht manchmal darin einen wesentlichen Vortheil, weil man das Bier für besonders nahrhaft hält und in der

That auch die Erfahrung lehrt, dass Leute beim Biertrinken im Allgemeinen Fleisch und Fett ansetzen, und dass manche Kranke, welche man auch mit Zuhilfenahme von Wein nicht mehr in die Höhe bringen kann, in ihrer Ernährung durch Bier noch wieder gehoben werden. Man kann, aber nicht glauben, dass es das Bier direct ist, das so ernährt, wenn man bedenkt, dass die nährenden Substanzen, Dextrin, Zucker und Pflanzeneiweiss, in guten Bieren fünf bis sechs Procent betragen. Dem Alkohol, der im Körper unvollkommen zersetzt wird, könnte man nur einen höchst untergeordneten Werth als sogenanntes Respirationsmittel zuschreiben. Der Alkohol ist aber auch im Weine enthalten, wie im Biere; hier also wo es sich um den grösseren Nährwerth des Bieres handelt, kann er überhaupt nicht in Betracht gezogen werden; aber das Bier ist, ausserdem, dass es ein alkoholisches Getränk ist, ein bitteres Mittel. Bei Individuen also, die sonst ihre Nahrung nicht gut ausnützen und verdauen, kann das Bier mit dazu dienen, dass sie ihre Nahrung besser ausnützen und auch eine grössere Menge von Nahrung bewältigen. Das geschieht aber nur, so lange das Bier in mässiger Quantität genossen wird. Wird das Bier in unmässiger Quantität genossen, dann zeigt sich die gegentheilige Wirkung, die Leute gehen in ihrem Nahrungsbedürfnisse herunter, und nehmen dann auch nicht mehr an Kraft zu, sondern ab. Ich brauche ferner nicht darauf hinzuweisen, dass das Bier mehr als der Wein eine gewisse Schwerfälligkeit des Körpers und des Geistes hervorbringt, die leider manchmal massenhaft und in sehr ausgeprägter Weise zur Erscheinung kommt. Auch vermindert es, wenn es im Uebermasse genossen wird, in auffälliger Weise die Widerstandsfähigkeit gegen acute Krankheiten, so dass häufig anscheinend kräftige und torose Individuen denselben in kurzer Zeit, und für diejenigen, welche diesen Umstand nicht kennen, in räthselhafter Weise erliegen.

Das dritte, und das mit Recht am meisten verschrieene und verfolgte gegohrene Getränk ist der Branntwein. Es ist so viel über den Genuss desselben geschrieben und gesprochen worden, und der Streit ist so allgemein in die Laienwelt eingedrungen, dass ich hier nur auf einzelne Punkte aufmerksam machen will. Man entschuldigt bisweilen den Branntweingenuss in dem armen Theile der Bevölkerung damit, dass man sagt: Die armen Leute hungern und frieren, sie haben kein Geld, sich Nahrung zu kaufen, und deshalb kaufen sie sich Branntwein, um sich zu erwärmen. Das würde richtig sein, wenn die Verbrennungswärme des Branntweines grösser wäre, als die Verbrennungswärme des Getreides oder der Kartoffeln, aus welchen der Branntwein gebrannt worden ist. Das kann aber unmöglich der Fall sein. Wenn das Amylum in Zucker umgewandelt wird, und der Zucker vergährt, so wird dabei Wärme gebildet; die Maische erwärmt sich bekanntlich nicht unbedeutend, es wird also Wärme frei, es wird lebendige Kraft aus der vorhandenen Spannkraft gebildet, die sich von der ursprünglichen Verbrennungswärme subtrahiren muss. Ausserdem wird ein gasförmiges Product gebildet, die Kohlensäure, welche entweicht; dazu wird wiederum lebendige Kraft gebraucht. Es ist also ganz unmöglich, dass das Aequivalent von Alkohol eine eben so grosse Verbrennungswärme habe, als die Stärke hatte, aus welcher der Alkohol bereitet wurde. Wenn Sie nun ausserdem berücksichtigen Regiekosten, Steuern, Gewinn u. s. w., so sehen Sie leicht ein, dass der arme Mann

seine Wärme in Gestalt von Branntwein ausserordentlich viel theurer bezahlt, als er sie in Gestalt von Brod oder in Gestalt von Kartoffeln bezahlen würde. Der Branntweingenuss bei der armen nicht arbeitenden Bevölkerung hat keine physiologische, höchstens eine psychologische Entschuldigung. Etwas anders verhält es sich bei der arbeitenden Bevölkerung. Diese hat bei der schweren Arbeit häufig nicht die hinreichende Musse, ihre Nahrungsmittel zu bewältigen, die Menge von Nahrungsmitteln zu bewältigen, welche sie bei der Arbeit braucht und sie nimmt deshalb mit der Nahrung Branntwein zu sich, um bald wieder zur Arbeit aufgelegt zu sein, um wieder arbeiten zu können, und zugleich auch, um sich in einen gewissen Aufregungszustand zu versetzen, welcher sie lebhafter, freudiger zur Arbeit macht, und welcher ihnen auch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der Witterung und gegen Strapazen gibt. Es hat sich vor vielen Jahren in der preussischen Armee gezeigt, dass die Mitglieder der Mässigkeitsvereine bei Märschen und Uebungen von den Strapazen und den Temperatureinflüssen mehr litten, dass sie häufiger in Folge derselben erkrankten, als die übrigen Soldaten, was aber wohl zum Theile daher rührte, dass ihnen, wie dies aber auch bei dem nordischen Arbeiter der Fall ist, der Wein des Preises wegen unzugänglich war, und sie sich deshalb darauf angewiesen sahen, entweder unvermischtes Wasser oder das damals auf dem Lande meist sehr schlechte Bier zu trinken. Wenn man aber auch zugeben muss, dass für die arbeitende Bevölkerung ein mässiger Branntweingenuss nicht geradezu schädlich ist, und dass derselbe sie unter Umständen in ihrer Thätigkeit fördert, so kann man doch andererseits nicht in Abrede stellen, dass das, was über die Folgen des übermässigen Branntweingenusses gesagt und geschrieben wurde, in grosser Ausdehnung begründet ist, und dass man deshalb das Fortschreiten des Bieres gegenüber dem Branntweine im Ganzen als eine Wohlthat für die Menschen ansehen muss.

Ich will die Lehre von den Nahrungsmitteln nicht schliessen, ohne noch einige Daten über den täglichen Verbrauch an solchen anzugeben. Nach J. Forster enthielt die tägliche Nahrung von vier erwachsenen Männern im Mittel 2945,9 Grm. Wasser, 131,2 Grm. Eiweisssubstanzen, 88,4 Grm. Fett und 392,3 Grm. Kohlehydrate. Die Menge der Eiweisskörper ist möglicher Weise zu hoch angegeben, da sie aus dem Stickstoffgehalt des Trockenrückstandes berechnet wurde. Es waren in diesen Nahrungsmengen zusammen 312,2 Grm. Kohlenstoff und 20,3 Grm. Stickstoff. Viel geringere Mittelwerthe gab die Kost von Pfründnerinnen. Hier fand sich 67 Grm. Eiweiss, 38,2 Grm. Fett und 265,9 Grm. Kohlehydrate. Das 7 Wochen alte Kind eines Arbeiters verzehrte täglich 29,3 Grm. Eiweiss, 19,5 Grm. Fett und 120 Grm. Kohlehydrate. Das im fünften Lebensmonat stehende Kind eines Beamten, das mit condensirter Milch genährt wurde, 21,28 Grm. Eiweiss, 18,39 Grm. Fett und 120 Grm. Kohlehydrate. Diese Zahlen illustriren deutlich, wie viel grösser das Nahrungsbedürfniss des Kindes im Vergleiche zu seinem Gewichte ist, denn das 7 Wochen alte Kind des Arbeiters verzehrte täglich 4,5 Grm. Stickstoff und 81 Grm. Kohlenstoff, also an Stickstoff zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{4}$, an Kohlenstoff mehr als $\frac{1}{4}$ von dem, was ein erwachsener Mann consumirte. Wenn man nach von verschiedenen Beobachtern gegebenen Daten für erwachsene Männer, die nicht oder doch nicht

schwer arbeiten, das Eiweissbedürfniss auf ein Kilogramm Körpergewicht berechnet, so findet man, dass es meistens über $1\frac{1}{2}$ Grm. beträgt, aber unter gewöhnlichen Verhältnissen in unserem Klima 2 Grm. nicht erreicht. Die auf das Kilogramm Körpergewicht berechneten Werthe stellen sich, wenn man nach dem factischen Eiweissverbrauch von Kindern fragt, wesentlich höher. Die folgende Tabelle enthält in der ersten Columne das Lebensalter der beobachteten Kinder in Jahren, und in den folgenden Columnen die Namen der Beobachter mit den von ihnen berechneten Eiweissmengen, letztere in Grammen.

Alter der Kinder in Jahren	Beobachter: Camerer	Uffelmann	S. Hasse
2	4,4	4,1	3,8—3,9
3—5	3,4—3,5	3,6	3,6—3,8
8—9	2,7	—	2,6
10—11	2,9	2,6	2,2—2,6.

Die Verdauung.

Der Speichel.

Wir haben bis jetzt von den Nahrungsmitteln als solchen gehandelt und gehen nun über zu den Veränderungen, welche sie innerhalb des Körpers erleiden, zu der Lehre von der Verdauung. Der erste Verdauungssaft, mit welchem die Nahrungsmittel in Berührung kommen, ist der gemischte Mundspeichel. Auf die Fette und auf die Eiweisskörper scheint derselbe keine besondere Einwirkung zu haben; aber seit einer Reihe von Jahren ist es durch Leuchs bekannt, dass der Speichel die Stärke in Dextrin und Zucker umwandelt. Lange Zeit hielt man diesen Zucker für gewöhnlichen Stärkezucker, Glycose, bis O. Nasse zeigte, dass es ein eigenthümlicher Zucker von anderem Reductions- und Drehungsvermögen sei, der aber durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure in Glycose übergeführt wurde. Er nannte ihn Ptyalose. Nach Musculus und Mering ist die Ptyalose identisch mit der unter Einwirkung der Diastase entstehenden Maltose. Da dieser Zucker secundär in Glycose übergeht, und das Wann und Wo hiefür bis jetzt nur unvollkommen bekannt ist, so will ich im Folgenden für das bei der Verdauung der Stärke entstehende süss schmeckende Product einfach den Ausdruck Zucker beibehalten, gleichviel ob es schon Glycose ist oder die primär entstehende Ptyalose. Der Speichel übt seine Wirkung nur langsam und schwierig aus auf rohe Stärke, dagegen übt er sie bei der Temperatur des menschlichen Körpers in sehr kurzer Zeit aus auf gekochte Stärke, auf Stärkekleister, und es ist ja bekannt, dass wir alle Stärke, welche wir geniessen, entweder im gekochten oder gerösteten Zustande zu uns nehmen. Um sich von der Einwirkung des Speichels auf Stärkekleister zu überzeugen, nimmt man eine Portion Mundspeichel, setzt dazu etwas dünnen Stärkekleister, schüttelt beides durcheinander und stellt es in ein Wasserbad von 38°. Nach kurzer Zeit, schon in den ersten

Minuten, bemerkt man, wenn man die Flüssigkeit herausnimmt, dass in derselben eine Veränderung eingetreten ist. Man findet, dass sie weniger trüb, weniger undurchsichtig ist, und auch weniger dicklich. Sie ist dünnflüssiger, limpider, und wenn man jetzt ansäuert und Jodtinctur hinzusetzt, so findet man, dass nicht die tiefblaue Färbung der Stärke auftritt, sondern je nach der Länge und Energie der Einwirkung eine violette oder weinrothe Färbung. Um Dextrin und Zucker von einander zu trennen, schüttet man, nachdem der Speichel hinreichend eingewirkt hat, eine reichliche Menge Alkohol hinzu; dadurch wird der grösste Theil der organischen Substanzen des Speichels und das Dextrin gefällt, während der Zucker in dem verdünnten Alkohol in Auflösung bleibt. Man filtrirt nun, dampft das Filtrat ab, löst in wenig Wasser wieder auf und stellt mit der so gewonnenen Flüssigkeit die gewöhnlichen Zuckerproben an.

Man nennt den im Speichel wirksamen Stoff ein Ferment und war früher zu der Ansicht geneigt, dass eine kleine Menge dieses Speichelferments unbegrenzte Mengen von Stärke in Dextrin und in Zucker umwandeln könne, und dass das Speichelferment als solches dabei nicht verbraucht werde. Im Jahre 1871 hat indessen Paschutin gezeigt, dass dem nicht so ist, dass, wenn Speichel schon einmal gedient hat, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln, dieser selbe Speichel, wenn man ihn ein zweites Mal zu demselben Zwecke gebrauchen will, schwächer wirkt, als Speichel, der noch keine Stärke in Dextrin und Zucker umgesetzt hat. Er hat auch gezeigt, dass dies keineswegs an der hindernden Wirkung der bereits erzeugten Umwandlungsproducte liegt. Dieselbe Anschauung, dass eine gewisse Menge von Speichel nur für eine gewisse Menge von Stärke wirksam sein könne, wird auch noch durch andere Versuche bestätigt. Man findet nämlich, dass die Producte, welche man erzielt, sehr verschieden ausfallen, je nach der Menge des Speichels, welche man anwendet. Wenn man eine verhältnissmässig grosse Menge von Speichel und relativ wenig Stärkekleister anwendet, so wird fast gar kein Erythrodextrin erzeugt. Es wird zwar, selbst wenn die ganze Reaction beendigt ist, das Gemenge, wenn man ansäuert und Jodtinctur hinzusetzt, noch roth gefärbt. Diese rothe Färbung rührt aber nicht her von Erythrodextrin, sondern von Erythramylum. Dass sich kein Erythrodextrin in einigermassen merklicher Menge vorfindet, beruht darauf, dass dasselbe durch den Speichel immer sogleich weiter in Achroodextrin und in Zucker umgewandelt wird. Wenn man dagegen eine sehr geringe Menge von Speichel und eine grosse Menge von Stärkekleister nimmt, so werden bedeutende Mengen von Erythrodextrin gebildet. Es scheint also, dass die erste Wirkung des Speichels darin besteht, die Stärke in Erythrodextrin umzuwandeln, und dass dann erst, wenn noch disponibles Ferment übrig ist, die weitere Umwandlung von Erythrodextrin in Achroodextrin und Zucker erfolgt.

Es ist gestritten worden über die Bedeutung, welche das sogenannte Speichelferment im Allgemeinen hat. Die Einen haben dem Speichel eine sehr bedeutende Wirkung bei der Verdauung der Amylacea zugeschrieben; sie haben gemeint, dieselben könnten nur dann mit Erfolg verdaut werden, wenn sie recht gut durchgekaut und eingespeichelt sind. Die Andern haben dem entgegen gesagt: Die Wirkung des Speichels ist eine höchst

untergeordnete; denn die Zeit, während welcher die Amylacea im Munde zerkaut und mit Speichel vermischt werden, ist eine sehr kurze: wenn sie aber einmal verschlungen sind und in den Magen und in den sauren Magensaft hineinkommen, dann hört die Wirkung des Speichels auf, weil zu seiner Wirkung alkalische Reaction nothwendig ist, weil die saure Reaction, welche im Magen herrscht, die Wirkung des Speichels aufhebt. Sie haben sich weiter darauf gestützt, dass selbst, wenn Amylum in reichlicher Menge genossen wird, sich doch im Magen entweder kein Zucker oder nur Spuren von Zucker finden, während später im Dünndarme immer beträchtliche Mengen Zucker gefunden werden, so dass man hienach schliessen müsste, dass das Amylum, beziehungsweise der Kleister oder das Dextrin, erst im Dünndarme in Zucker umgewandelt werde. Was die erstere Angabe anlangt, die Angabe, dass die saure Reaction die Wirkung des Speichels auf die Stärke aufhebt, so ist sie im Allgemeinen richtig. Es ist zwar nicht richtig, dass die Umwandlung durch den Speichel nur vor sich geht bei alkalischer Reaction, sie geht aber nur vor sich bei alkalischer und bei sehr schwach saurer Reaction. Wenn man sich zum Ansäuern des Verdauungsgemisches der Chlorwasserstoffsäure bedient, was man deswegen thut, weil die hauptsächlich wirksame Säure im Magen die Chlorwasserstoffsäure ist, so findet man, dass bei einem Säuregrade von $\frac{1}{2}$ pro mille, das heisst in einer Flüssigkeit, die im Liter $\frac{1}{2}$ Grm. *ClH* enthält, die Umwandlung noch vor sich geht. Wenn aber der Säuregrad auf 1 pro mille steigt so geht die Umwandlung nicht mehr vor sich. Ob also die Wirkung des Speichels im Magen sistirt wird oder nicht, hängt von dem Säuregrade, der eben im Magen herrscht, ab. Es ist dieser bei verschiedenen Thieren verschieden. Der Säuregrad ist bei Fleischfressern, also auch bei Hunden, an denen bis jetzt die meisten Versuche gemacht sind, verhältnissmässig hoch, beim Menschen ist er geringer. Was die Angabe anbelangt, dass man auch nach reichlicher Fütterung mit Stärkekleister im Magen gar keinen oder nur Spuren von Zucker finde, so ist diese gleichfalls im Allgemeinen richtig. Ich habe unter sehr vielen Fällen nur in einem einzigen Falle einigermassen erhebliche Mengen von Zucker gefunden. Sonst findet man Spuren und selbst kaum nachweisbare Spuren von Zucker. Da nun im Magen Milchsäuregährung stattfindet, so kann man vermuthen, dass der gebildete Zucker gleich wieder in Milchsäure umgewandelt wird, und das mag auch bis zu einem gewissen Grade der Fall sein. Der ausschliessliche Grund dieser Abwesenheit von Zucker im Magen bei der Stärkeverdauung kann es indessen nicht wohl sein. Wenn man nämlich dem Futter kleine Mengen von Zucker zusetzt, oder wenn man statt des reinen Stärkekleisters Mehlkleister füttert, Kleister aus Weizenmehl, der an und für sich schon kleine Mengen von Zucker enthält, dann findet man im Magen des Versuchsthieres merklich grössere Mengen von Zucker, und es ist kein Grund vorhanden, dass, wenn der frischgebildete Zucker sofort in Milchsäure umgewandelt wird, nun der in den Magen hineingebrachte nicht auch sollte in Milchsäure umgewandelt worden sein. Andererseits muss bemerkt werden, dass gerade bei reichlicher Fütterung mit Stärke die Menge des Speichels unzureichend gewesen sein kann, so dass es deshalb der Hauptsache nach nur zur Bildung von Dextrin gekommen ist. Doch ist dies schwerlich überall der Fall gewesen,

wo der Zucker ganz oder abgesehen von sehr kleinen Mengen vermisst würde.

Aus dem Allen geht hervor, dass man schwer etwas Allgemeines über die Speichelwirkung im Magen aussagen kann. Bekanntlich ist zu Anfang der Fütterung und zu Anfang des Essens keine so grosse Säuremenge im Magen. Es werden die Ingesta mit dem Speichel hineingebracht, es kommt dazu noch der Speichel, der namentlich nach dem Essen gewöhnlich in ziemlicher Menge von Menschen und Thieren hinuntergeschlungen wird. Also zu Anfang kann im Magen eine Umsetzung der Stärke in Dextrin und Zucker stattfinden. Es wird von der Menge des Speichels abhängen, ob hier nur Dextrin, und zwar Erythrodextrin, allein gebildet wird, oder ob die Veränderung noch weiter fortschreitet bis zur Bildung von Achroodextrin und Zucker. Aber während diese Bildung sich einleitet und stattfindet, wird auch der Säuregrad im Magen steigen, und dem entsprechend kann der weiteren Einwirkung des Speichels ein Hinderniss, eine Grenze gesetzt werden.

Die chemische Untersuchung des Speichels hat bis jetzt keinen Aufschluss über die Natur des sogenannten Speichelfermentes gegeben. Man hat, indem man den Speichel mit Alkohol fällte, daraus einen flockigen Niederschlag erhalten, dem noch die umsetzende Wirkung anhaftet. Wenn man ihn in Wasser auflöst, so kann man damit noch wieder Stärke in Dextrin und Zucker umwandeln. Man bezeichnete diesen Körper als Speichelstoff oder Ptyalin. Man weiss aber jetzt hinreichend, dass dies keine einfache Substanz ist, sondern ein Gemenge von Mucin und einer Reihe von unbekannten Körpern. Man weiss, dass die Menge der festen Bestandtheile im Speichel überhaupt sehr gering ist, im Durchschnitte nicht einmal $1^0/_0$, nur etwa 8 pro mille beträgt. Man weiss, dass darin etwas Rhodankalium (Schwefelcyankalium) enthalten ist, was man durch Zusatz einiger Tropfen einer sehr verdünnten Lösung von Eisenchlorid zu dem mit Salzsäure bis zur schwachsauren Reaction versetzten Speichel und die dabei entstehende goldgelbe bis orangerothe Farbe nachweisen kann. Aber das gibt keinen Aufschluss über die merkwürdige und schnelle Wirkung, welche der Speichel auf gekochte Stärke ausübt.

Wenn man den Speichel mikroskopisch untersucht, so findet man darin eine grosse Menge von abgestossenen Pflasterzellen, von dem geschichteten Pflasterepithel, mit welchem die Mundhöhle ausgekleidet ist. Es sind dies grosse, in ihrer Grundform sechseckige, aber häufig auch sehr unregelmässig gestaltete, schollenförmige Zellen mit einem im Allgemeinen ovalen Kerne. Ausserdem findet man darin die sogenannten Speichelkörperchen. Es sind dies nackte, kugelrunde Zellen, sie haben einen mehrfachen Kern, einen sogenannten Kernhaufen, und sind ganz durchsetzt mit feinen Körnchen, die darin eine lebhafte Molekularbewegung zeigen. Sie sind beiläufig gesagt eines der besten Probeobjecte und ein Probeobject, das man immer zur Hand hat, wenn man die Güte eines Mikroskopes prüfen will. Ein gutes Mikroskop muss schon bei mässiger Vergrösserung die Molekularbewegung in diesen Speichelkörperchen deutlich zeigen, und bei starker Vergrösserung müssen die Körner noch scharf begrenzt, nicht wie von einem grauen Hofe umgeben erscheinen. Wenn die Speichelkörper eine Zeit lang unter dem Mikroskope

gelegen haben, so hört die Molekularbewegung auf, die Formen werden unregelmässig, und die Zellen sterben ab. Zum Theil zerplatzen sie auch, stossen einen Theil der Körnchen aus, und die übrigen bleiben dann in Ruhe. Plötzlich kann man diese Veränderung hervorbringen, wenn man electrische Schläge hindurchleitet. Wenn man die Schläge eines Magnetelectromotors hindurchleitet, so zerplatzt ein Theil dieser Speichelkörperchen, ähnlich wie ein Mollusk, das sich zusammenzieht, sein eigenes Gefässsystem zersprengt, und sein Blut und seine Säftemasse herausspritzt. So tritt auch hier die Flüssigkeit mit den Körnern heraus, die Körner bewegen sich noch eine Zeit ausserhalb und dann kommt Alles zur Ruhe. Aber auch die andern, die nicht zerplatzen, sterben ab unter den Schlägen des Magnetelectromotors, und die Molekularbewegung in ihnen hört auf. Einiges Verständniss über die Natur dieser Zellen bekommt man, wenn man Blut, in dem sich eine hinreichende Menge von farblosen Blutkörperchen befindet, mit Wasser verdünnt. Dann sieht man die farblosen Blutkörperchen, welche bisher unregelmässig, amöbenartig waren, Fortsätze ausstreckten und wieder einzogen, kugelrund und den Speichelkörperchen ähnlich werden, und die Körnchen, die bisher im Protoplasma ruhig lagen, und nur die Bewegungen desselben mitmachten, sieht man dieselbe lebhafte Molekularbewegung annehmen, wie die in den Speichelkörperchen. Wenn man nun bedenkt, dass der Speichel doch eine viel verdünntere, an festen Bestandtheilen viel ärmere Flüssigkeit ist, als das Blutplasma und das Blutserum, so sieht man leicht ein, dass das verschiedene mikroskopische Verhalten dieser beiden Arten von Körperchen viel mehr in der Natur des Mediums, in welchem sie sich befinden, als in der Natur der Körper selbst begründet ist. Die Hauptbildungsstätte der Speichelkörperchen scheint die Glandula submaxillaris zu sein.

Der gemischte Mundspeichel ist das Secret einer ganzen Reihe von Drüsen, welche man in Schleimdrüsen und in Speicheldrüsen eintheilt. Die Schleimdrüsen sind kleine, zerstreut liegende, zusammengesetzte, tubulöse Drüsen, welche im submucösen Bindegewebe, beziehungsweise zwischen den Muskeln, welche unmittelbar unter der Schleimhaut liegen, eingebettet sind und die Schleimhaut mit ihren Ausführungsgängen durchbohren. Man theilt diese Drüsen ein in die Glandulae labiales, linguales, buccales, palatinae und pharyngeae, je nach der Region der Schleimhaut, unter welcher sie vorkommen. Man hat sie früher allgemein als acinöse Drüsen beschrieben. Puky Akos hat aber nachgewiesen, dass sie zu den tubulösen Drüsen zu rechnen sind. Bei den eigentlichen acinösen Drüsen, wie es z. B. die Meibom'schen Drüsen sind, existirt ein verzweigter Ausführungsgang, und an diesem hängen die secernirenden Elemente in Form von Beeren, von Acinis. Ganz anders aber verhält es sich bei den Schleimdrüsen. Die Schleimdrüsen haben, wie man dies namentlich an den grossen Oesophagealdrüsen des Hundes sehen kann, einen ganz kurzen und meist verhältnissmässig nicht weiten Ausführungsgang, dieser geht über in den secernirenden Drüsenschlauch, der sich sofort mehrfach theilt, und an dem nun die Endstücke theils in Form von länglichen Kolben, theils in Form von Knäufen aufsitzen. Da die Endstücke des Schlauches häufig, sogar meistens, verhältnissmässig kurz und knaufartig sind, so könnte man diese als Acini bezeichnen; das ist aber deshalb nicht zulässig, weil diese Acini nicht an dem Ausführungsgange aufsitzen, sondern, weil

sie nichts anderes sind als die Endstücke eines tubulösen Systems, von dem sie sich in nichts, auch nicht in der Natur des Epitheliums, unterscheiden. Wenn man die Drüsen eintheilt in acinöse und tubulöse Drüsen, so muss man dieselben eintheilen nach der Grundform, nach dem Typus, welchen die secernirenden Elemente selbst darstellen, und das Secernirende ist hier bei den Schleimdrüsen offenbar nichts anderes, als ein mehrfach verzweigter und in seinen Verzweigungen gewundener Schlauch. Es ist auch die Angabe unrichtig, dass man den eigentlichen Bau der Schleimdrüsen schon vor den Untersuchungen von Puky Akos gekannt habe, dass man sie eben nur des Herkommens wegen mit dem Namen der acinösen Drüsen bezeichnet habe: denn man mag alle Abbildungen ansehen, die von Schleimdrüsen in früherer Zeit gegeben worden sind, sie wurden in allen abgemalt wie eine Weintraube, wie ein verzweigter Ausführungsgang, an welchem die secernirenden Elemente als Beeren aufsitzen. Die von Donders beschriebenen tubulösen Schleimdrüsen am Pylorus, die Glandulae pyloricae, die von ihm richtig als tubulöse Drüsen erkannt wurden, wurden stets als Schleimdrüsen angesehen, die nach einem besonderen Typus gebaut sind, während sie ganz unter den allgemeinen Typus der Schleimdrüsen gehören, nur dass bei ihnen die Schläuche mehr gestreckt sind, so dass es auf den ersten Anblick in die Augen fiel, dass man es mit einer tubulösen und nicht mit einer acinösen Drüse zu thun habe. Das Epithelium in dem secernirenden Schlauche ist ein Cylinderepithelium, welches in der Mitte nur ein verhältnissmässig kleines Lumen übrig lässt, und dessen Kerne der Wand des Drüsenschlauches sehr nahe stehen. Wenn man das Präparat mit Karmin färbt, so färbt sich der Kern sehr schön roth, während die übrige Epithelzelle farblos und glashell durchsichtig bleibt. Das Secret dieser Drüsen ist eine klebrige und fadenziehende Flüssigkeit, klebrig und fadenziehend eben durch den charakteristischen Stoff, den sie enthält, das Mucin, welches sich dadurch charakterisirt, dass es durch Essigsäure aus seinen Lösungen gefällt wird, durch einen Ueberschuss von Essigsäure das Coagulum sich nicht wieder auflöst, wohl aber in Mineralsäuren löslich ist.

Zu den Speicheldrüsen rechnet man die Submaxillardrüse, die Parotis und die Sublingualdrüsen. Eine zweifelhafte Stellung nimmt die sogenannte Nuhn'sche Drüse unter der Zungenspitze ein. Es ist dies ein Drüsenhaufen, den schon Blandin beschrieben, der aber wieder in Vergessenheit gerathen, und dann von Nuhn von Neuem und ausführlich beschrieben worden ist. Es ist, wie gesagt, ein Drüsenhaufen, von welchem man nicht recht weiss, ob die einzelnen Elemente desselben zu den Speicheldrüsen oder mehr zu den Schleimdrüsen zu rechnen seien. Auf eine andere Art von Drüsen zweifelhafter Function hat von Ebner in neuerer Zeit aufmerksam gemacht. Sie liegen unter der Schleimhaut der Zunge in der Gegend der Papillae circumvallatae und der Papilla foliata oder, wie man nach der Conformation des Gebildes beim Menschen, von der wir später genauer sprechen werden, lieber sagen sollte, Regio foliata, und wurden früher für gewöhnliche Schleimdrüsen gehalten. Von diesen aber unterscheiden sie sich durch die Beschaffenheit ihrer Enchymzellen. Dieselben sind denen der Speicheldrüsen ähnlich, haben ein körniges Protoplasma und sind auch nicht hohe sechskantige Prismen,

wie bei den Schleimdrüsen, sondern mehr polyedrisch gegen einander abgeplattet und um das enge Lumen zusammengedrängt. Von Ebner nennt diese Drüsen seröse Drüsen.

Diejenige Speicheldrüse, an welcher die meisten Untersuchungen angestellt worden sind, ist die Glandula submaxillaris. Sie hat wie die übrigen Speicheldrüsen einen verzweigten Ausführungsgang, an dessen mit sehr schönem und regelmässigen Cylinderepithel ausgekleideten Endstücken die eigentlichen secernirenden Elemente hängen, welche man als Acini bezeichnet, was indessen nicht so wörtlich zu nehmen ist, dass man sich diese Endgebilde etwa als kugelig aufsitzende Beeren am Ende der Ausführungsgänge und somit die Speicheldrüsen als wahre acinöse Drüsen vorstellen müsste. Sie sind gleichfalls verlängert, sind kolbenartig, handschuhfingerförmig, zum Theil verzweigt, und so neben einander gelagert, dass eine möglichst vollständige Raumerfüllung eintritt. Das Epithel, welches diese secernirenden Elemente, Acini, der Speicheldrüsen auskleidet, ist dem in den Schleimdrüsen einigermassen ähnlich, aber doch von ihm zu unterscheiden. Erstens sind die Zellen weniger hoch und breiter, zweitens erscheint auch der Inhalt nicht so farblos durchsichtig, wie dies bei den Schleimdrüsen der Fall ist; man findet immer mehr körnige Elemente in dem Protoplasma der Zellen der Speicheldrüsen, als dies bei denen der Schleimdrüsen der Fall ist. Dem ist hinzuzufügen, dass sich in den Submaxillardrüsen Partien befinden, welche in ihrem Bau den Schleimdrüsen völlig gleichen. Vielleicht hat man es hier mit Schleimdrüsen zu thun, deren Ausführungsgänge in die Ausführungsgänge der Submaxillardrüsen einmünden.

An der Glandula submaxillaris sind für die Physiologie im Allgemeinen überaus wichtige Versuche von C. Ludwig angestellt worden. Man wusste seit langer Zeit, dass die Absonderung gewisser Drüsen unter dem Einflusse des Nervensystems steht. Man wusste, dass auf psychische Erregungen hin Weinen eintritt. Man wusste auch, dass Speichelabsonderung eintritt, nicht nur beim Kauen, sondern auch durch Einwirkung schmeckender Substanzen auf die Zunge, ja dass Speichelabsonderung eintritt in Folge psychischer Affecte, durch die blosse Vorstellung von etwas, was gut schmeckt, nicht blos beim Menschen, sondern auch bei Thieren. Es ist bekannt, dass, wenn man einem Hunde ein Stück Fleisch vorhält, er so viel Speichel secernirt, dass ihm derselbe zum Maule herausfliesst. Aber es war durch directe Reizung von Nerven noch keine Drüsenabsonderung erregt worden, als Ludwig diese Versuche zuerst an der Glandula submaxillaris ausführte, indem er ihre Secretionsnerven, von denen, wie wir später sehen werden, die wichtigsten vom Facialis durch die Chorda tympani zu ihr kommen, erregte. Die erste Vorstellung konnte wohl die sein, dass diese Speichelabsonderung durch einen Filtrationsprocess eingeleitet werde, dass sich etwa auf Reizung der Nerven die Venen zusammenzögen, die das Blut aus der Glandula submaxillaris zurückführen, dass dadurch ein erhöhter Druck in den Capillaren entstehe, und hiedurch mehr Flüssigkeit in die Drüse hineingepresst, und somit mehr abgesondert werde. Die Untersuchungen von Ludwig haben indessen sogleich gezeigt, dass dem nicht so sei. Wenn der Secretionsdruck in der Drüse nichts wäre als der fortgepflanzte Blutdruck, so ist es klar, dass er nie höher steigen könnte, als der Druck in der Carotis.

Nun setzte Ludwig ein Manometer in den Ductus Whartonianus, in den Ausführungsgang der Submaxillaris, und das andere Manometer setzte er in die Carotis ein. Das Manometer in der Carotis stieg natürlich gleich zu seiner ganzen Höhe, das Manometer im Ductus Whartonianus stieg ganz allmälig, aber es stieg zu der höchsten Höhe, welche das Quecksilber in der Carotis erreichte, und stieg endlich noch weit über dieselbe hinaus. Der Secretionsdruck war also grösser als der Blutdruck in der Carotis. Später zeigte Bernard auch, dass die Venen sich keineswegs zusammenziehen. Im Gegentheile, wenn man die Vene der Drüse anschneidet, und die Drüse nicht secernirt, so fliesst eine spärliche Menge dunklen Blutes heraus. Wenn man aber dann den Facialis oder die Chorda tympani reizt, und die Drüse zur Absonderung bringt, so fliesst eine reichliche Menge von viel weniger dunklem Blute heraus. Es zeigt dies, dass während der Secretion eine grössere Menge von Blut durch die Gefässe circulirt, dass nicht nur die Capacität der Gefässe sich vergrössert hat, das Blut geht auch rascher hindurch, es ist in der Drüse weniger venös geworden, als es wird, wenn die Drüse nicht secernirt. Wir haben bis jetzt keine Erklärung für die Art und Weise, wie die Flüssigkeit aus dem Blute in das Innere der Drüse gelangt. Wir können nur sagen, dass wir ähnlichen Vorgängen auch anderswo begegnen. Vergleichen lässt sich dieser Vorgang mit Bestimmtheit mit keinem physikalischen Vorgange, am ehesten noch mit der sogenannten electrischen Diffusion, wo durch den electrischen Strom Flüssigkeit durch ein Diaphragma hindurchgetrieben wird. Bemerkenswerth ist es, dass, wenn man den Abfluss des Speichels hemmt, und dabei die Drüse zur Secretion zwingt, das Gewebe derselben sich mit Flüssigkeit infiltrirt, auch das Bindegewebe zwischen den Läppchen.

Es stellt sich uns noch eine andere wichtige Frage: was geht aus den Blutgefässen in die Drüse? Wird aus den Blutgefässen der Speichel als solcher abgesondert, oder eine Flüssigkeit, welche die wesentlichen Bestandtheile des Speichels erst in der Drüse vorfindet und aus derselben herausschwemmt? Diese Frage ist gleichfalls von Ludwig in Angriff genommen worden. Er liess die eine Submaxillaris eines Thieres durch directe Reizung der Nerven längere Zeit secerniren, dann tödtete er das Thier und schnitt beide Submaxillardrüsen aus. Er trocknete sie auf dem Wasserbade, wog sie und fand, dass regelmässig diejenige Drüse, welche er durch längere Zeit zur Secretion gezwungen hatte, leichter war. Es war also hiemit der Beweis geliefert, dass während der Secretion der Drüse Substanzen aufgelöst und mit dem Speichel aus derselben herausbefördert werden.

Das Secret der Submaxillardrüse ist beim Menschen sehr dünnflüssig, es enthält nur wenig feste Bestandtheile, sein specifisches Gewicht beträgt nach Eckhard nur 1,0025 bis 1,0038. Es enthält kein Rhodankalium, hat aber im hohen Grade das Vermögen, Stärkekleister in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Es ist beim Menschen isolirt zuerst von Eckhard untersucht worden, der ein Röhrchen in den Ductus Whartonianus des lebenden Menschen einführte, das reine Secret aufsammelte und es so untersuchte. Auf demselben Wege hat Eckhard auch das Parotidensecret untersucht. Es ist etwas reicher an festen Bestandtheilen als das Submaxillardrüsensecret. Sein specifisches Gewicht

beträgt 1,0044 bis 1,0061. Es enthält Rhodankalium, und das Rhodankalium des gemischten Mundspeichels scheint ausschliesslich aus dem Parotidensecret zu stammen. Es hat gleichfalls für sich allein schon im hohen Grade das Vermögen, Stärkekleister in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Das Secret der Sublingualdrüsen hat beim Menschen bis jetzt nicht für sich allein aufgefangen und untersucht werden können.

Der Schlingact.

Nachdem die Speisen eingespeichelt worden sind, werden sie in der Mundhöhle zu einem Bissen formirt, und dieser wird verschlungen. Das geht in folgender Weise vor sich. Zunächst sammelt man die Bestandtheile des Bissens auf der Mitte der Zunge, dann wird der vordere Theil der Zunge mehr nach oben gedrückt, und der hintere Theil gesenkt, dabei gleitet der Bissen auf die Zungenwurzel hinunter. Jetzt, wenn der Bissen im Isthmus faucium anlangt, handelt es sich darum, einerseits den Weg in den Kehlkopf zu verschliessen, und andererseits den Weg in die Nasenhöhle, den Weg durch die Choanen, zu verschliessen. Der Weg in den Kehlkopf wird dadurch verschlossen, dass sich der Kehldeckel herablegt, indem sich zugleich die Zungenwurzel nach hinten und unten senkt, und so schon den Kehldeckel gegen den Kehlkopfeingang hindrängt. Wir werden ausserdem später sehen, dass eigene Muskeln vorhanden sind, vermöge welcher der Kehlkopfeingang verschlossen werden kann. Von dem Wege durch die Choanen nahmen schon die alten Anatomen und Physiologen an, dass er verschlossen wird durch die sogenannte Gaumenklappe, dadurch, dass der weiche Gaumen nach hinten und oben gezogen wird, dass er sich gegen die Rückwand des Pharynx anlehnt, und auf diese Weise einen Abschluss gegen die Nasenhöhle zu Wege bringt. Da trat Dzondi mit der Behauptung auf, dass der Verschluss der Nasenhöhle auf andere Weise zu Stande komme. Er behauptete, dass sich die hinteren Gaumenbögen, die Arcus palatopharyngei, von beiden Seiten coulissenartig vorschöben, so dass zwischen ihnen ein Spalt gebildet wird, dass dieser Spalt sich endlich verschliesse, indem die Gaumenbögen vollständig aneinanderrückten, dass sie dadurch ein planum inclinatum bildeten, an welchem der Bissen herunterglitte. Er stützte sich darauf, dass man, wenn man den Finger zwischen die hinteren Gaumenbögen bringt, und dann Schlingbewegungen intendirt, fühlt, wie von beiden Seiten die hinteren Gaumenbögen gegen den Finger heranrücken und denselben berühren. Diese Angabe ist richtig, aber der Schluss, den Dzondi daraus gezogen hatte, war unrichtig. Der Verschluss kommt in der That so zu Stande, wie es bereits die alten Anatomen und Physiologen angenommen haben. Es ist dies jetzt ganz unbestritten, und ich habe schon vor einer langen Reihe von Jahren einmal Gelegenheit gehabt, mich an einer Operirten meines verstorbenen Freundes Schuh zu überzeugen, dass der weiche Gaumen sich wirklich an die Rückwand des Pharynx anlegt. Es war derselben eine Geschwulst exstirpirt worden, und behufs der Exstirpation hatte in der Oberkiefergegend eine Wunde gemacht werden müssen, vermöge welcher man von oben her auf den weichen Gaumen sehen konnte, wenn derselbe gehoben wurde. Wenn nun die Frau einen festen Bissen schlang, oder wenn man

ihr auch nur etwas zu trinken gab, so sah man sehr deutlich von obenher, wie sich das Gaumensegel hob, wie sich dasselbe gegen die Rückwand des Pharynx anstemmte und auf diese Weise den Verschluss zu Stande brachte. Das coulissenartige Vorrücken der hinteren Gaumenbögen, wie es Dzondi beschrieben hat, findet auch statt; jedoch nicht in der Weise, dass die freien Ränder der Gaumenbögen wirklich einander berühren; es bleibt noch ein ziemlich weiter Spalt zwischen ihnen. Die Mechanik ist folgende. Bekanntlich kommen die beiden Levatores palati mollis in der Mittellinie des weichen Gaumens zusammen. Sie sind dabei in ihrem Verlaufe schräg von hinten und oben und aussen nach vorn, unten und innen gerichtet. Wenn Sie sich dieselben projicirt denken auf die Mittelebene des Körpers, so verlaufen sie schräg von hinten und oben nach vorn und unten. Die Musculi palatopharyngei, die in den hinteren Gaumenbögen verlaufen, kommen gleichfalls im weichen Gaumen zusammen und, nach abwärts gelangt, an der Rückwand des Pharynx, nähern sie sich mit ihren unteren Ausläufern einander. Sie verlaufen also, so lange das Gaumensegel herabhängt, von oben und vorn nach unten und hinten, wenn Sie sich dieselben auf die Mittelebene des Körpers projicirt denken. Wenn nun der Levator palati mollis sich jederseits zusammenzieht, hebt er das Gaumensegel nach hinten und oben. Die Musculi palatopharyngei sind insofern seine Antagonisten, als sie das Gaumensegel nach abwärts ziehen, sie haben aber eine Componente, welche gleichsinnig wirkt mit dem Levator palati mollis, nämlich eine Componente, welche von vorn nach hinten zieht. Nun ist der Levator palati mollis bekanntlich vielmals stärker als der Musculus palatopharyngeus, also die Componente, die dem Levator entgegenwirkt, wird sofort aufgehoben, sowie sich der Levator contrahirt, aber die andere, die gleichsinnig wirkende bleibt. Wenn sich daher mit dem Levator gleichzeitig auch die Musculi palatopharyngei zusammenziehen, so helfen sie das Gaumensegel nach hinten gegen die Rückwand des Pharynx hin befördern. Da sie aber im erschlafften Zustande gekrümmt in den hinteren Gaumenbögen liegen, müssen diese hinteren Gaumenbögen sich jetzt gerade richten, indem die Musculi palatopharyngei angespannt werden, und daher rührt es, dass die hinteren Gaumenbögen sich beim Schlingact coulissenartig von beiden Seiten vorschieben.

Einen wesentlichen Beitrag zur Mechanik des Verschlusses der Gaumenklappe hat Passavant gegeben. Er hat nämlich gezeigt, dass die Rückwand des Pharynx einen Wulst hervortreibt, so dass dadurch die Gaumenklappe sie leichter erreichen und sich leichter an sie anlegen kann. Dieser Wulst kommt bei der Contraction des Constrictor pharyngis superior zu Stande. Es wird Ihnen bekannt sein, dass eine Portion des Constrictor pharyngis superior von einem Hamulus pterygoideus zum andern herübergeht, mithin bogenförmig hinter der Rückwand des Pharynx verläuft. Diese Portion zieht sich mit dem übrigen Constrictor pharyngis superior zusammen, und da sie in den Hamulis pterygoideis zwei feste Punkte hat, so wird der Bogen abgeflacht, und dadurch wird an der Rückwand des Pharynx ein Wulst hervorgetrieben, an welchen sich die gehobene Gaumenklappe mit Leichtigkeit anlegen kann.

Indem sich nun die Wurzel der Zunge hebt, indem das ganze Zungenbein und der Kehlkopf gehoben wird, wird der Bissen über die

Wurzel der Zunge und über den Kehlkopf hinübergeschoben. Er befindet sich jetzt in der Gewalt der Constrictores pharyngis, welche ihn weiter nach abwärts und in den Oesophagus hinabtreiben. Im Oesophagus läuft nun eine Contractionswelle ab, indem sich derselbe über den Bissen zusammenschnürt, um den Bissen herum die Längsfasern sich verkürzen, und über demselben die Ringfasern sich zusammenziehen, so dass auf diese Weise der Bissen bis in den Magen hinabgetrieben wird. Bei manchen Thieren, z. B. bei Schwänen, Gänsen, Enten u. s. w., kann man nach den Untersuchungen von Ludwig von jeder Stelle des Oesophagus aus Zusammenziehungen auslösen, die dann von der gereizten Stelle ablaufen. Beim Menschen aber werden immer nur vollständige Schlingacte ausgelöst, so dass, wenn der Bissen irgendwo im Oesophagus stecken geblieben ist, der Schlingact wieder von vorn angefangen werden muss. Beim Menschen wird nach den Untersuchungen von Kronecker und Folk der Hauptimpuls für die Fortschaffung des Bissens, beziehungsweise der geschluckten Flüssigkeit, durch das vorerwähnte Heben der Zunge sammt dem Kehlkopfe und den dadurch erzeugten positiven Druck hervorgebracht, und das Hinabgleiten erfolgt mit bedeutender Geschwindigkeit, so dass flüssige Massen nach ihnen geradezu hinabgespritzt werden. Man muss hiebei berücksichtigen, dass nach den directen Untersuchungen von Mikulitsch der Brusttheil des Oesophagus für gewöhnlich eine offene Röhre bildet.

Nach den Untersuchungen von Mosso setzt sich im Oesophagus die Contraction über durchschnittene Stellen fort, und sie überspringt solche, die durch seitliches Abschneiden der zutretenden Nerven gelähmt sind, indem der ganze Schlingact im Nervensystem prästabilirt ist.

Die Speiseröhre.

Durch den Schlund und durch den Oesophagus setzt sich das geschichtete Pflasterepithel fort, welches wir bereits in der Mundhöhle kennen gelernt haben. Es ist nach dem allgemeinen Typus der geschichteten Pflasterepithelien gebaut. Die untersten Zellen sind die höchsten, nähern sich der Form des sogenannten Cylinderepithels; dann kommen polyedrische Zellen und oben kommen platte Zellen, wie in allen geschichteten Pflasterepithelien. Darunter liegt das eigentliche Schleimhautgewebe, Bindegewebe mit dem Capillarnetz der Schleimhaut und den Nerven, welche bis unmittelbar unter das Epithel gelangen. Auf der Grenze zwischen dem eigentlichen Gewebe der Schleimhaut und dem submucösen Bindegewebe liegt durch den ganzen Oesophagus hindurch ein System von glatten Muskelfasern, welche nach der Länge verlaufen. Sie bilden kein zusammenhängendes Lager, keine Muskelhaut, sondern sind in einzelne Längsbündel, in einzelne Längsstränge getheilt. Es ist dies der Anfang des submucösen Muskellagers, welches wir später im Magen und im Darmkanale kennen lernen werden. Darauf folgt das submucöse Bindegewebe, ein im Oesophagus sehr reichliches, sehr weiches und zugleich verschiebbares Bindegewebe, in welchem zum Theile die Körper der Schleimdrüsen des Oesophagus liegen, die ganz ebenso gebaut sind wie die Schleimdrüsen der Mundhöhle und mit ihren Ausführungsgängen die Schleimhaut durchbohren. Nach aussen von diesem submucösen

Bindegewebe liegt das eigentliche Muskelsystem des Oesophagus, eine innere Ringfaserschicht und eine äussere Längsfaserschicht. Wenn die Ringfaserschicht sich im einigermassen contrahirten Zustande befindet, wie dies im Halstheile für gewöhnlich der Fall ist, so ist die Schleimhaut in Längsfalten gelegt, und verschliesst so das Lumen der Speiseröhre. Die Faltenbildung erfolgt mit grosser Leichtigkeit wegen der reichlichen Menge von verschiebbarem Bindegewebe, welches die sogenannte Tunica nervea oder das submucöse Bindegewebe zusammensetzt. Wenn Sie sich also durch den Halstheil des Oesophagus in seinem gewöhnlichen Zustand einen Querschnitt hindurchgelegt denken, so würde die Schleimhaut durch die Längsfalten, in welche sie gelegt ist, in diesem Querschnitte einen Stern darstellen. Die Muskulatur des Schlundes und des Oesophagus ist in den verschiedenen Regionen verschieden zusammengesetzt. Im Halstheile des Oesophagus besteht noch fast die ganze Muskulatur aus quergestreiften Muskelfasern. Diese schwinden aber, wenn der Oesophagus in die Brusthöhle eintritt, und werden durch glatte oder organische Muskelfasern ersetzt, so dass nach den Untersuchungen von Gillette im mittleren Theile des Oesophagus überhaupt keine quergestreiften Muskelfasern vorkommen. Dann kommen aber im unteren Theile des Oesophagus, in der Nähe des Foramen oesophageum, wieder quergestreifte Muskelfasern vor. Diese sollen aber grösstentheils dem sogenannten Musculus phrenooesophageus angehören.

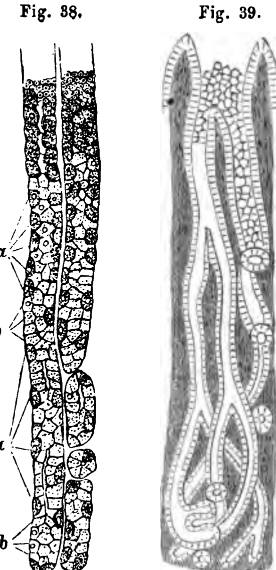
Der Magen.

Der Magen besteht aus folgenden Schichten: Erstens aus der Schleimhaut, zweitens aus dem submucösen Mukellager, drittens aus der Tunica nervea seu vasculosa oder dem submucösen Bindegewebe. — Diese Schicht wurde von den alten Anatomen als Tunica nervea seu vasculosa bezeichnet, weil die grossen Blutgefässe und diejenigen Nerven, welche der damaligen Zeit allein zugänglich waren, sich in ihr befanden. Nach aussen davon folgt das Ringmuskellager des Magens, auf dieses das Längsmuskellager und darauf der Peritonaealüberzug. Die Schleimhaut des Magens hat ein Cylinderepithel. Das Pflasterepithel der Speiseröhre hört in der Cardia mit einem gezackten Rande auf und wird von nun an durch ein Cylinderepithel ersetzt, welches von hier an durch den ganzen Darmkanal bis zum After hin fortläuft. Die Schleimhaut des Magens ist sehr reich an Drüsen; diese sind in derselben so dicht gestellt, dass man sagen könnte, die ganze Schleimhaut des Magens sei eine grosse flächenartig ausgebreitete Drüse. Aber diese Drüsen sind nicht von einerlei Art. Es kommen im Magen zwei Arten von secernirenden Drüsen und ausserdem peripherische Lymphdrüsen vor. Die letzteren sind klein und wenig zahlreich, sie liegen unter der Schleimhaut und führen den Namen der Glandulae lenticulares. Die secernirenden Drüsen sind erstens die Magensaftdrüsen, die sogenannten Pepsindrüsen oder Wasmann'schen Drüsen, und zweitens Schleimdrüsen, die sich an zweierlei Orten im Magen finden, in einer ringförmigen Zone an der Cardia und in bedeutender Ausdehnung in der Regio pylorica. Die ganze übrige Partie des Magens ist beim Menschen mit den sogenannten Pepsindrüsen besetzt. Diese sind tubulöse Drüsen, welche senkrecht gegen die

Oberfläche der Schleimhaut gestellt sind, deren Schläuche ziemlich gerade verlaufen, und die meist zu vieren mit einander in eine kleine, mit Cylinderepithel ausgekleidete Grube einmünden. Auch in den obersten Theil der einzelnen Drüsen setzt sich dieses Cylinderepithel noch fort, in den tieferen Theilen aber gibt es zweierlei Zellen: Erstens Zellen, welche ihrer Form und ihrem mikroskopischen Verhalten nach noch den Cylinderzellen, die sich im Halstheile befinden, ähnlich sind, aber niedriger und schwerer zu beobachten. Nach aussen von denselben befinden sich andere mehr rundliche, zum Theil auch polyedrisch gegen einander abgeplattete, verhältnissmässig grosse Zellen, mit einem körnigen Inhalte. Kölliker hat zuerst diese zwei Arten von Zellen unterschieden, dann sind sie von Heidenhain und von Rollet näher untersucht worden. Rollet bezeichnet die nach aussen liegenden grossen Zellen als delomorphe, die nach innen gegen die Axe liegenden als adelomorphe Zellen. Fig. 38 zeigt nach Heidenhain eine Magensaftdrüse eines nicht in der Verdauung befindlichen Hundes, die dunklen Zellen *aa* sind die delomorphen, die lichten Zellen *bb* die adelomorphen.

Zwischen diesen Drüsen verlaufen Capillargefässe, welche dieselben umspinnen und ihnen die Flüssigkeit zuführen, welche sie zur Secretion gebrauchen. Unmittelbar unter der Oberfläche, zwischen den gemeinsamen Gruben, in welche die Gruppen von Drüsen einmünden, verlaufen grössere Gefässe, Venen, so dass die Arterien in der Tiefe der Schleimhaut capillar zerfallen, die Capillaren die secernirenden Schläuche umspinnen und sich oben wieder in Venen sammeln, welche nun unmittelbar unter der Oberfläche ein dichtes und beträchtliches Netzwerk bilden. Es ist dies deshalb von einer gewissen praktischen Wichtigkeit, weil man daraus sieht, dass, wenn Erosionen, auch oberflächliche, an der inneren Oberfläche des Magens stattfinden, dabei nicht, wie bei Abschürfungen an der äusseren Körperoberfläche, nur Capillaren verletzt werden, sondern, dass durch solche Erosionen sogleich eine Menge von kleinen Venen verletzt wird.

Fig. 38. Fig. 39.



Die Schleimdrüsen sind im Allgemeinen nach dem gewöhnlichen Typus der Schleimdrüsen gebaut, nur dass bei den Glandulis pyloricis die einzelnen Schläuche mehr gestreckt liegen, als dies sonst bei den Schläuchen der Schleimdrüsen der Fall zu sein pflegt. Sonst pflegen auch die eigentlichen secernirenden Schläuche der Schleimdrüsen meist unter der Schleimhaut zu liegen und die Schleimhaut nur mit dem Ausführungsgange zu durchbohren. Die Glandulae pyloricae liegen aber in ähnlicher Weise wie die Pepsindrüsen innerhalb der Schleimhaut, so dass das submucöse Muskellager unter ihnen weggeht, und sie geben mit ihren verzweigten Schläuchen und verhältnissmässig weiten Ausführungsgängen solche Bilder, wie sie schon Donders frühzeitig und

richtig von ihnen geliefert hat (siehe Figur 39). Sie sind mit einem Cylinderepithel ausgekleidet, ganz ähnlich dem, wie es auch die übrigen Schleimdrüsen zeigen.

Die Längsfasern des submucösen Muskellagers sind die Fortsetzung der submucösen Längsfasern des Oesophagus. Es kommen aber zahlreiche neue hinzu; erstens, weil ja das Lumen des Magens viel grösser ist, und zweitens, weil sich dieses Muskellager stärker entwickelt. Es kommen auch Ringmuskelfasern hinzu, aber Längs- und Ringmuskelfasern sind hier im Magen noch nicht streng von einander geschieden, sie durchflechten sich noch mattenartig. Erst wenn man den Pylorus passirt, treten zwei getrennte Schichten im submucösen Muskellager auf, ein inneres Ring- und ein äusseres Längsmuskellager. Auf die Muskellager folgt das Peritonaeum, ein bindegewebiger Ueberzug, in dem wie in anderen serösen Häuten ein feines elastisches Fasernetz liegt, und der von einem ungeschichteten Pflasterepithelium bekleidet ist.

Die Magenverdauung.

Verdauungsversuche an lebenden Thieren wurden schon von den Mitgliedern der Accademia del cimento angestellt, und zwar in der Weise, dass sie Nahrungsmittel in durchlöcherten Röhren in den Magen brachten und diese nachher untersuchten. Sie fanden schon, dass der Inhalt solcher Röhren sich erweichte und nach und nach verschwand. Da sie aber zu ihren Versuchen vorzugsweise körnerfressende Vögel benutzten, welche bekanntlich eine sehr starke Muskulatur und eine starke Hornschicht im Magen haben, mit der sie die Körner zermalmen, gewissermassen im Magen kauen, so war der Verdacht nicht ausgeschlossen, es könnten hier auch mechanische Kräfte in Action getreten sein. Der Inhalt konnte beim Quellen durch die Löcher der Röhren hervorgedrungen und abgerieben worden sein, und auf diese Weise war unzweifelhaft auch ein Theil des Inhaltes aus den Röhren verschwunden. Die Frage nach der Auflösung der Nahrungsmittel im Magen wurde erst vollständig von Réaumur entschieden. Er wendete bei seinen Versuchen Raubvögel an, denen er auch Nahrungsmittel, die in Röhren eingeschlossen waren, in den Magen hineinbrachte. Er hatte hiebei den Vortheil, dass diese Thiere nach kürzerer oder längerer Zeit, gewöhnlich nach 24 Stunden, diese Röhren wieder ausspieen, wie sie bekanntlich überhaupt dasjenige, was sie nicht verdauen, Federn, Haare u. s. w., in einen Ballen geformt, wieder auszuspeien pflegen. Réaumur konnte hier auf das Bestimmteste feststellen, dass eine chemische Auflösung stattfinde, und zwar wurden von seinen Raubvögeln auf chemischem Wege nicht nur Fleischstücke, sondern selbst Hühnerknochen verdaut. Er liess die Thiere auch Schwämme verschlingen, zog dieselben dann wieder an Fäden, die er daran angebracht hatte, heraus und sammelte auf diese Weise eine Portion Magensaft. Er wollte damit künstliche Verdauungsversuche anstellen, er wollte ausserhalb des Magens mit dem Secrete des Magens verdauen. Dies gelang ihm aber noch nicht. Einen Versuch, wie ihn Réaumur an Vögeln angestellt hatte, stellte ein schottischer Arzt Namens Stevens am Menschen an. Er fand einen Gaukler, der Steine verschlang und sie wieder von sich gab, und diesen benutzte er dazu, um ihm auch durchlöcherte Röhren

und Kapseln mit eingeschlossenen Nahrungsmitteln einzugeben, und diese nach der Zeit von einigen Stunden wieder ausspeien zu lassen. Er fand entsprechend den Resultaten von Réaumur, dass auch hier die Nahrungsmittel verdaut wurden. Spallanzani aber war der erste, dem die Verdauung ausserhalb des Magens, dem die künstliche Verdauung gelang. Er erhielt seinen Magensaft auch dadurch, dass er Thiere, namentlich Vögel, Schwämme verschlingen liess, und mit diesen Schwämmen dann den Magensaft wieder herausbeförderte, während später Tiedemann und Gmelin, die ähnliche Versuche anstellten, den Magensaft dadurch erhielten, dass sie den Thieren Kieselsteine in den Magen brachten, sie hinterher tödteten und den Magensaft benützten, welcher durch den mechanischen Reiz zur Absonderung gebracht worden war. Hier in Wien erhielt Dr. Helm dadurch Gelegenheit, Verdauungsversuche anzustellen, dass eine Hauersfrau aus Breitenweida in Unterösterreich, welche eine Magenfistel hatte, in seine Behandlung kam. Die Fistel liess sich erweitern, und er konnte nun Nahrungsmittel hineinbringen, theils in Beuteln, theils in durchlöcherten Kapseln eingeschlossen, und konnte auf diese Weise sich überzeugen, wie die Substanzen im Magen chemisch aufgelöst wurden. Er stellte vergleichende Versuche über eine Reihe von Nahrungsmitteln an, und stellte dann auch an sich selbst und an einem zu diesem Zwecke gemietheten Individuum Versuche in der Weise an, dass beide durchlöcherte Kapseln mit Nahrungsmitteln verschlangen, und er die Veränderungen untersuchte, welche die Nahrungsmittel darin eingegangen waren, wenn sie endlich durch den After wieder abgingen. Ganz ähnliche Versuche, wie sie Helm an der Hauersfrau anstellte, stellte der amerikanische Arzt Beaumont an einem canadischen Jäger an, der durch einen Schuss verwundet worden war und gleichfalls eine Magenfistel bekommen hatte. Er kam dabei in Rücksicht auf die Zeit der Verdauung im Wesentlichen zu denselben Resultaten, zu welchen Helm gekommen war. Daraufhin legte ein russischer Arzt Namens Bassow, wie ich nebst anderen historischen Daten aus Milne Edward's Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée entnehme, zuerst einem Hunde eine Magenfistel an, machte an ihm eine Reihe von Verdauungsversuchen, und empfahl dieses Verfahren, welches später von Blondlot und Anderen vielfach angewendet worden ist. Man verfährt dabei nach Bardeleben am besten so, dass man vom Processus xiphoideus nach abwärts einen Schnitt durch die Bauchdecken macht, dann die Wand des Magens, ohne sie zu durchschneiden, vorzerrt, in die Wunde hineinnäht und jetzt einen Verband anlegt. Es tritt Gangrän der Magenwand ein, und auf diese Weise bildet sich eine Magenfistel. Man zieht die Wand des verschlossenen Magens in die Wunde, damit sich ringsum eine Verlöthung bilde; wenn sich diese bereits gebildet hat, tritt die perforirende Gangrän ein, und nun erst stellt sich die Fistel her, ohne dass Magencontenta in die Bauchhöhle gelangen könnten. Hinterher wird sie mit Pressschwamm erweitert und es wird dann eine weite Canüle eingelegt. Es sind zu diesem Zwecke verschiedene Canülen angegeben worden. Eine der einfachsten ist die von Bardeleben, welche in einer kurzen Röhre besteht, die oben einen breiten Rand, eine Krämpe trägt, welche das Durchrutschen derselben durch die Fistelöffnung und in den Magen hinein verhindert. Nachdem man sie eingebracht hat,

legt man ein paar an ihren Rändern gut geglättete Doppelhaken ein, die man aus der Fläche nach gebogenen Silberblechstreifen hergestellt hat. Wenn man diese durch einen Kork- oder Kautschukstöpsel, der die Canüle verschliesst, an die Wand derselben anpresst, so verhindern sie das Herausfallen. Es wird das Ganze durch einen Verband geschützt, damit der Hund nicht, wie er es sonst gerne thut, den Stöpsel herauszieht und an der Canüle herumzerrt. Will man die Fistel benützen, so wird der Verband abgenommen, der Stöpsel herausgezogen, nach Umständen zu verdauende Substanzen eingebracht oder Magensaft oder Magencontenta herausgelassen.

Bei allen diesen Versuchen lernte man, abgesehen von einer Reihe von Einzelerfahrungen, im Grunde genommen doch nicht viel mehr als das, was schon Réaumur gewusst hatte, dass die Speisen im Magen verdaut, und zwar dass sie auf chemischem Wege aufgelöst werden, dass sie aufgelöst werden durch den sauren Magensaft, der im Magen abgesondert wird. Wesentliche Fortschritte machte die Lehre von der Verdauung erst, als man den Weg von Spallanzani wieder betrat, den Weg der künstlichen Verdauung, wie es Wasmann und wie es Schwann thaten. Es zeigte sich, dass sich im Magen eine eigenthümlich wirksame organische Substanz befindet, welche die Eiweisskörper auflöst, und die Schwann mit dem Namen des Pepsins belegt hat. Sie äussert Wirkungen nur, wenn zugleich saure Reaction, und zwar saure Reaction von einem gewissen Grade vorhanden ist. Eine durch Maceration der Magenschleimhaut in verdünnter Chlorwasserstoffsäure dargestellte künstliche Verdauungsflüssigkeit verdaut in derselben Weise, wie der natürliche, von dem Thiere selbst abgesonderte Magensaft verdaut. Es war auch leicht nachzuweisen, dass es nicht die blosse Säure ist, welche die Eiweisskörper auflöst, denn gegen die meisten Eiweisskörper verhält sich eine blos verdünnte Säure von demselben Grade wesentlich anders, wie dieser künstliche Verdauungssaft. Wenn man die Labdrüsenschicht irgend eines Thieres, gleichviel, ob nüchtern oder in der Verdauung, abpräparirt und dann mit Salzsäure, die 1 Gramm ClH auf 1 Liter Wasser enthält, macerirt, so erhält man eine solche Verdauungsflüssigkeit. Vergleicht man die Wirkung derselben mit der blos verdünnter Chlorwasserstoffsäure von demselben Säuregrade, so findet man, dass sie rohes Fibrin verhältnissmässig rasch, oft schon in 10 Minuten auflöst, während dasselbe Fibrin in der verdünnten Salzsäure nur aufquillt, aber sich nicht sofort auflöst, bei kühler Temperatur Tage lange unaufgelöst bleibt, und erst dann langsam zerfällt. Wenn man Weisses von hartgekochten Eiern in beide Flüssigkeiten hineinlegt, so bleibt es in verdünnter Salzsäure ganz unverändert, während es sich in der künstlichen Verdauungsflüssigkeit, wenn auch viel langsamer als das rohe Fibrin, auflöst. Wenn man in beide Flüssigkeiten rohes Rindfleisch hineinlegt, so löst sich dieses allerdings in der blos verdünnten Chlorwasserstoffsäure auch auf. Wir werden aber später sehen, dass dies darauf beruht, dass im Muskel selbst Pepsin enthalten ist, oder doch ein Körper, der sich in Rücksicht auf alle Unterscheidungsmittel, die wir bis jetzt kennen, gerade so verhält wie das Pepsin.

Das Pepsin lässt sich aus der Schleimhaut des ausgewaschenen Magens auch nach und nach mit Wasser extrahiren. Aber man bekommt

auf diese Weise, wenn man auch die Flüssigkeit hinterher ansäuert, immer nur eine verhältnissmässig schwach wirkende Verdauungsflüssigkeit, während man viel stärker wirkende Verdauungsflüssigkeiten bekommt, wenn man von vorneherein mit einer verdünnten Säure macerirt. Es geht daraus hervor, dass das Pepsin in den Drüsen in einem für Wasser schwer löslichen Zustande enthalten sein muss, dass es sich aber in verdünnter Säure viel leichter auflöst. In neuerer Zeit wird nach v. Wittich's Vorgang Glycerin vielfach zur Extraction des Pepsins benützt. Dass das Pepsin wirklich in den Drüsen der Schleimhaut im Vorrathe abgelagert ist, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass feste Bestandtheile des Speichels in den Speicheldrüsen im Vorrathe abgelagert sind, und bei der Secretion nur herausgewaschen wird, ergibt sich auch aus anderen Versuchen. Wenn man die ganze Magenschleimhaut künstlich verdaut, so dass sie zerfällt, und nur einige krümliche Reste übrig bleiben, wenn man diese auf einem Filtrum sammelt und untersucht, so findet man, dass das Bindegewebe, die Drüsenschläuche u. s. w. zerstört sind, dass man nur Zellen und Trümmer von Zellen, die aus den Drüsen der Schleimhaut herstammen, gemengt mit elastischen Fasern, unter dem Mikroskope hat. Wenn man nun diesen Detritus von Neuem mit verdünnter Salzsäure macerirt, so erhält man wiederum noch eine sehr wirksame Verdauungsflüssigkeit. Es wird hier in Wien für therapeutische Zwecke ein Pepsin in den Handel gebracht, welches dem Vernehmen nach bereitet wird durch Auspressen der Schleimhaut und durch Trocknen der ausgepressten Substanz bei niederer Temperatur. Aus diesem Pepsin kann man alles Lösliche herauswaschen, man kann es Tage lang auf dem Filtrum mit Wasser auswaschen, und wenn man dann den Rest, der auf dem Filtrum zurückbleibt, noch wieder mit 1 pro mille Salzsäure macerirt, so bekommt man immer wieder noch eine kräftig wirkende Verdauungsflüssigkeit.

Eine weitere Frage ist nun: In welchen Drüsen des Magens ist das Pepsin abgelagert? Wenn man den Magen während der Verdauung ansieht, so wird man bemerken, dass er auf seiner inneren Oberfläche ganz anders aussieht, als während des nüchternen Zustandes; er ist an seiner inneren Oberfläche geröthet, die Blutgefässe sind injicirt. Nun sind bei mehreren Thieren, wie beim Schweine und bei der Ratte, die Labdrüsen nur über einen Theil der Magenoberfläche verbreitet, während ein beträchtlicher Theil der Magenoberfläche lediglich Schleimdrüsen führt. Bei diesen Thieren sieht man, dass sich zur Zeit der Verdauung nur der Theil der Magenoberfläche röthet, in welchem sich Labdrüsen befinden. Dieses und das von gewöhnlichen Schleimdrüsen abweichende Aussehen der Labdrüsen musste auf die Vermuthung führen, dass sie es sind, in welchen die wirksame Substanz, in welchen das Pepsin abgelagert ist. Dies ist auch thatsächlich der Fall. Sondert nun die Pars pylorica, soweit in derselben keine Labdrüsen, sondern nur die oben erwähnten von Donders beschriebenen Drüsen vorkommen, gar kein Pepsin ab? Nach den Untersuchungen von Wasmann, Kölliker, Goll, Friedinger und von v. Wittich lässt sich das Pepsin aus der Pars pylorica vollständig oder fast vollständig auswaschen. Nach den messenden Versuchen von Friedinger betrug im gut ausgewaschenen Hundemagen die Menge Pepsin, die sich aus einem Gewichtstheil der Schleimhaut

der Pars pylorica gewinnen liess, nur den sechzehnten bis zweiunddreissigsten Theil von der Menge, welche sich aus dem gleichen Gewichte von mit Labdrüsen versehener Schleimhaut gewinnen liess. Es lag also die Vermuthung nahe, dass dies Pepsin nur infiltrirtes war, das sich dem Auswaschen entzogen hatte. Dies konnte um so eher vermuthet werden, als es vom Pepsin bekannt ist, dass es sich festen Körpern sehr beharrlich anhängt. Allein Heidenhain, Grützner, Rollet und Klemensiewicz sind auf Grund ihrer Versuche der Ansicht, dass doch auch von der Pars pylorica Pepsin abgesondert werde. Es gelang ihnen, an lebenden Hunden die Pars pylorica zu isoliren und diese Hunde lange genug am Leben zu erhalten, dass nicht mehr der Einwand erhoben werden konnte, die verdauenden Wirkungen des Pylorussecretes, mit dem sie experimentirten, hätten noch von infiltrirtem Pepsin herrühren können.

Das Pepsin.

Das Pepsin ist seit seiner Entdeckung vielfältig als ein Ferment bezeichnet worden. Der Name ist von der Hefe hergenommen, welche den Zucker in Kohlensäure und Alkohol umsetzt. Wir wissen, dass diese Hefe sich selbst regenerirt aus den stickstoffhaltigen Substanzen, welche sich in der Maische befinden, und dass man deshalb mit einer kleinen Menge von Hefe, wenn man ihr nur das Material für die Regeneration bietet, grosse Mengen von Hefe erzeugen, und somit auch unbegrenzte Mengen von Zucker in Kohlensäure und Alkohol umsetzen kann. Deswegen hat man namentlich solche Körper Fermente genannt, welche einen Umsetzungsprocess einleiten, der immer weiter greift, sich immer von Neuem erzeugt, und bei dem zuletzt durch eine kleine Menge von Substanz grosse, ja unbegrenzte Mengen von anderen Substanzen umgesetzt, chemisch verändert werden können. Passen diese Angaben auf das Pepsin? Das Pepsin kann nicht, wie es einmal behauptet worden ist, sich selbst während der Verdauung vermehren, von Neuem erzeugen. In einer verdauenden Flüssigkeit nimmt die Menge des Pepsins nicht zu. Das lässt sich einfach durch folgenden Versuch darthun. Man thut Blutfibrin in eine Verdauungsflüssigkeit hinein, und wenn dieses Fibrin verdaut worden ist, mischt man eine Portion 1 pro mille Chlorwasserstoffsäure, thut Fibrin hinein und giesst etwas von der ersten Verdauungsflüssigkeit hinzu. Dieses Fibrin wird auch noch verdaut. Man macht dieselbe Procedur ein zweites Mal, man nimmt wieder ebenso verdünnte Salzsäure und Fibrin, und giesst nun von dem zweiten Glase wiederum etwas hinzu. Das thut man zwei-, dreimal. Es wird das Fibrin anfangs noch verdaut, dann fängt der Verdauungsprocess an, sich zu verlangsamen, und verlangsamt sich endlich, wenn man diese Versuche immer weiter fortsetzt, so, dass man so viele Stunden zum Auflösen braucht, als im ersten Versuche Minuten gebraucht wurden. Endlich verhält sich die Flüssigkeit nur noch, wie sehr verdünnte Chlorwasserstoffsäure, das Fibrin quillt darin auf, bleibt aber Tage lang darin, ohne zu zerfallen. Das ist nicht vereinbar mit der Vorstellung, dass sich beim Verdauungsprocesse und durch den Verdauungsprocess das Pepsin vermehre: denn, wenn ich diese selben Versuche z. B. mit einer gährenden Flüssigkeit

angestellt hätte, so würde ich alle Gläser fort und fort in Gährung versetzt haben, weil sich immer neue Hefe gebildet hätte und ich diese neugebildete Hefe übertragen haben würde. Hier ist die Menge von Pepsin dieselbe geblieben, und nach und nach sind immer kleinere Mengen auf neue Verdauungsgemische übertragen worden, bis sie endlich durch die wiederholte Theilung so klein wurden, dass sie keine merkliche Wirkung mehr ausübten.

Man kann sich fragen: Ist es in der That der hohe Grad der Verdünnung gewesen, ist nicht vielleicht das Pepsin durch die Verdauung ganz verbraucht worden? Es lässt sich aber wiederum zeigen, dass dies nicht der Fall ist. Es wird bei der Verdauung das Pepsin weder vermehrt, noch wird auch Pepsin verbraucht. Um letzteres zu beweisen, füllt man in zwei grosse Pulvergläser gleiche Mengen 1 pro mille Chlorwasserstoffsäure, dann wirft man in das eine Glas so viel Fibrin hinein, als darin vollständig aufquillt, in das andere Glas wirft man eine einzige Fibrinflocke. Dann nimmt man von einer Verdauungsflüssigkeit gleiche, und zwar nur kleine Mengen, und diese giesst man je eine in die beiden Gläser. Dann wird man bemerken, dass die grosse Masse des Fibrins in dem einen Glase eben so schnell aufgelöst wird, wie die eine Flocke, welche sich in dem anderen Glase befindet, und das geschieht noch, wenn man so kleine Mengen von Verdauungsflüssigkeit hinzugegossen hat, dass die Zeit der Verdauung sich auf Stunden hinzieht. Man hat dann jedenfalls eine unzureichende Menge von Pepsin hinzugefügt. Würde das Pepsin durch die Verdauung verbraucht, so müsste in dem einen Glase, da so viel Fibrin darin ist, die Verdauung verzögert worden sein, oder es müsste gar ein Rest von ungelöstem Fibrin bleiben Das ist aber nicht der Fall. Es wird also, wie gesagt, bei der Verdauung weder Pepsin gebildet, noch Pepsin verbraucht; aber es ist eine gewisse Menge von Pepsin nöthig, damit der Verdauungsprocess mit seiner gehörigen Geschwindigkeit vor sich gehe. Diese Menge von Pepsin scheint freilich, wenn wir sie nach der Wage beurtheilen, ausserordentlich gering zu sein, doch ist die Menge des Pepsins nicht gleichgiltig: wenn man unter ein gewisses Minimum herunter geht, so verlangsamt sich die Verdauung, und zwar in sehr auffallender Weise.

Die Säuren im Magen.

Wir haben gesehen, dass das Pepsin nur der eine Factor bei der Verdauung ist, dass der zweite Factor dabei die Säure ist. Pepsin ohne Säure ist unwirksam, und Säure ohne Pepsin ist auch relativ unwirksam, das heisst, sie bringt die Substanzen zum Aufquellen, aber nicht oder nur ganz unverhältnissmässig langsam zur Lösung. Es kommt darauf an, dass der saure Magensaft Pepsin und auch Säure in solcher Quantität und Qualität enthält, dass die Eiweisskörper darin aufquellen.

Der saure Magensaft, wie wir ihn bei Hunden aus Magenfisteln sammeln, ist eine klare, stark sauer reagirende Flüssigkeit. Die Säuren, welche darin gefunden wurden, sind in erster Reihe Salzsäure, zweitens Phosphorsäure, und drittens in geringer Menge Schwefelsäure. Dann ist auch Milchsäure darin gefunden worden, wenn Kohlehydrate genossen worden waren. Wenn Substanzen genossen worden waren, aus welchen

sich keine Milchsäure bilden konnte, so hat man im Magen die Milchsäure vermisst, woraus hervorzugehen scheint, dass die Milchsäure im Magen aus den Nahrungsmitteln und nicht aus den Labdrüsen stammt. Indessen ist diese Angabe nicht ohne Widerspruch. Richet gibt an, dass der von Nahrungsmitteln freie Magensaft des Menschen an Aether beim Schütteln kleine Mengen von Milchsäure abgebe. Er beziffert dieselben mit 0,43 Gramm in 1000 Gramm Magensaft. Man kann fragen: Welche von den Mineralsäuren ist im Magen die freie Säure und die eigentlich wirksame? Wenn wir eine Flüssigkeit haben, die mehrere Salze enthält, und ausserdem überschüssige Säure, so können wir, so lange die Substanzen gelöst sind, niemals sagen, dass die eine Säure frei sei und die andere an Basen gebunden. Bei der Zusammenstellung der Resultate der chemischen Analyse pflegt man freilich so zu Werke zu gehen, dass man die Basen sich als gebunden vorstellt an die stärkste Säure, und dann die schwächere Säure als die in der Flüssigkeit freie Säure annimmt, wenn keine Basis mehr vorhanden ist, um sich mit derselben zu verbinden. Das ist aber eine Fiction, welche man sich erlaubt hat, weil man unter gewissen häufig realisirten Bedingungen schwächere Säuren durch stärkere vollständig austreiben kann. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass immer mehrere Säuren frei sind, aber eben je nach ihrer Stärke, je nach ihrer Verwandtschaft zu den vorhandenen Basen, in verschiedenen Quantitäten. Hierbei ist noch zu berücksichtigen, dass schon die Menge des vorhandenen Wassers die Art der Bindungen wesentlich verändern kann. Dies zeigt in sehr schöner und schlagender Weise folgender Versuch. Man tröpfelt in eine tief gefärbte Lösung von salicylsaurem Eisenoxyd so viel Salzsäure, dass die purpurviolette Farbe ganz verschwindet und einer gelblichen Platz macht. Es ist dann alle Salicylsäure frei gemacht und das Eisen lediglich an Chlor gebunden. Verdünnt man jetzt mehr und mehr mit Wasser, so wird die Flüssigkeit wieder purpurviolett, salicylsaures Eisenoxyd stellt sich wieder her. Von einer Säure im Magensaft aber können wir sagen, dass sie jedenfalls im freien Zustande vorhanden sei, das ist die Salzsäure. Bidder und Schmidt haben bei der Untersuchung des Magensaftes des Hundes gefunden, dass, wenn man alle Basen, welche darin enthalten sind, als nur mit Salzsäure verbunden ansieht, doch immer eine beträchtliche Quantität Salzsäure übrig bleibt, welche nicht durch diese Basen neutralisirt werden kann. Auch im Magensafte des Menschen ist Chlorwasserstoffsäure enthalten, wenn auch nicht in solcher Menge, wie im Magensafte des Hundes, weil überhaupt der Magensaft des Hundes mehr freie Säure hat als der des Menschen. Wenn wir nach der Wirksamkeit der verschiedenen Säuren fragen, so ist die verdünnte Salzsäure eine sehr wirksame Säure bei der Verdauung. Aber auch die Phosphorsäure ist bei der Verdauung sehr wirksam. Man kann mit verdünnter Phosphorsäure ebenso erfolgreich verdauen, wie mit verdünnter Salzsäure. Nicht dasselbe gilt von der Schwefelsäure. Mit dieser gehen die Verdauungsversuche mit Eiweisskörpern weniger gut. Es sind also die Salzsäure und die Phosphorsäure, welche uns als die wirksamsten erscheinen, nur muss die Phosphorsäure frei sein: mit sauren phosphorsauren Salzen allein kann man keine erfolgreichen Verdauungsversuche anstellen. Wenn Milchsäure vorhanden ist, so muss auch diese

zu den wirksamen Säuren gerechnet werden: die Eiweisskörper quellen in ihr auf, und man kann mit ihr sehr erfolgreiche Verdauungsversuche anstellen. Maly hat ferner noch gezeigt, dass die Milchsäure im freien Zustande die Chloride theilweise zerlegt, so dass also da, wo beide mit einander vorhanden sind, stets auch freie Chlorwasserstoffsäure in Wirkung tritt. Er goss ein Gemisch von Milchsäure und Kochsalzlösung in den Grund eines Glascylinders, darüber schichtete er Wasser und überliess das Ganze der Diffusion. Er rechnete darauf, dass die schneller diffundirende Salzsäure sich früher in den oberen Schichten verbreiten werde als das Chlornatrium. Dies bestätigte sich auch. Die oberen Schichten enthielten nach einigen Tagen mehr Chlor, als dem Natrium entsprach, und die unteren mehr Natrium, als dem Chlor entsprach. Es hatten sich also neben Chlornatrium und Milchsäure gebildet milchsaures Natron und Salzsäure.

Es ist behauptet worden, dass der Magensaft erst im Magen selbst sauer werde, dass er von den Drüsen nicht im sauren Zustande abgesondert werde. In der That ist es eine auf den ersten Anblick auffallende Erscheinung, dass das Parenchym der Drüsen im lebenden Thiere nicht sauer reagirt. Wenn man einem lebenden Kaninchen die Bauchhöhle öffnet, die Muskelhaut des Magens an einer Stelle abträgt, und nun vorsichtig mit einer krummen Scheere ein Stückchen der Schleimhaut so ausschneidet, dass man dieselbe nicht durchlöchert, so findet man, dass das ausgeschnittene Schleimhautstückchen zwischen blauem Lakmuspapier zerquetscht keinen rothen Fleck gibt, und wenn ja ein solcher entsteht, so ist er äusserst schwach. Sobald man aber an die innere Oberfläche kommt, sobald man die ganze Schleimhaut herausnimmt, hat man gleich ausserordentlich stark saure Reaction. Hieraus könnte man, wie gesagt, allerdings schliessen, dass das Secret der Drüsen an und für sich nicht sauer sei, sondern dass es erst im Magen sauer werde. Einerseits ist aber nicht wohl einzusehen, durch welchen Process innerhalb des Magens Mineralsäuren, wie die Salzsäure, frei werden sollen, und andererseits ist dieser Versuch und andere ähnliche, welche angestellt worden sind, auch nicht beweisend. Es befindet sich ja in dem ausgeschnittenen Gewebe auch alkalische Flüssigkeit, denn es kreist ja durch die Schleimhaut fortwährend das alkalische Blut, und die Gewebsflüssigkeit zwischen den Drüsen ist alkalisch. Es kann also diese kleine Menge von alkalischer Flüssigkeit dazu dienen, eine entsprechend geringe Menge von Säure zu neutralisiren, und nur eine sehr geringe Menge von Säure braucht ja in den Drüsen gegenwärtig zu sein, wenn das Secret sofort an die innere Oberfläche des Magens ausgestossen wird. Wenn man sich an andere Thiere als an Säugethiere wendet, dann kann man in der That das saure Secret innerhalb der Drüsen nachweisen. Im Drüsenmagen der Vögel befinden sich flaschenförmige Körper, die so gross sind, dass man sie schon mit blossem Auge sehen kann. Diese flaschenförmigen Körper, die einen engen Ausführungsgang besitzen, haben eine verhältnissmässig weite innere Höhle, und ihre dicke Wand besteht aus lauter Labdrüsen, welche in diese innere Höhle ausmünden. Man spült nun den Drüsenmagen eines soeben getödteten Huhnes oder einer eben getödteten Gans mit sogenannter Magnesiamilch, das heisst mit Magnesia usta, die in Wasser aufgeschwemmt ist, aus, um alle freie Säure auf

der inneren Oberfläche des Magens zu tilgen. Hierauf sucht man unter diesen flaschenförmigen Drüsenkörpern einen aus, der mit Secret gefüllt ist, durchschneidet ihn und untersucht das Secret, welches sich in der Höhle desselben angesammelt hat. Man findet, dass es stark sauer reagirt, so stark sauer, wie der Magensaft innerhalb der Höhle des Magens bei anderen Thieren. Dies spricht also dafür, dass das saure Secret bereits innerhalb der Drüsen abgesondert und nur immer gleich wieder ausgestossen wird, so dass der kleine Rest von Säure, der im Gewebe zurückbleibt, beim Zerquetschen der Schleimhaut neutralisirt wird durch die umgebende alkalische Gewebsflüssigkeit. Man könnte einwenden, dass beim Huhne vielleicht der saure Magensaft aus der Magenhöhle in die Drüsenhöhlen zurückgelangt sei, aber dies ist an sich unwahrscheinlich, und wird es noch mehr dadurch, dass immer nur ein Theil der Drüsen prall mit Secret angefüllt ist.

Es entsteht aber die weitere Frage: Wie ist es möglich, dass aus dem alkalischen Blute und aus der alkalischen Gewebsflüssigkeit ein Saft abgesondert werden kann, der so viel freie Säure enthält? Wie dies zugeht, wissen wir nicht. Wir können nur im Allgemeinen sagen, dass es unter dem Einflusse des Nervensystems geschehen muss, und dass diese Erscheinung in der Natur nicht isolirt dasteht, sondern dass es noch andere viel auffallendere Erscheinungen dieser Art gibt. Als sich Johannes Müller und Troschel ihrer zoologischen Untersuchungen wegen in Messina befanden, nahm Troschel ein grosses Exemplar von Dolium galea und warf es auf den Boden, der mit Marmorplatten belegt war. Er sah zu seinem Erstaunen, dass da, wo das Thier seinen sogenannten Speichel hinspritzte, ein starker Schaum entstand, also offenbar eine Gasentwicklung stattfand. Als er den Speichel näher untersuchte, fand er in der That, dass er so sauer war, dass er den Marmor des Bodens angriff und Kohlensäure daraus entwickelte. Es wurde dieser Saft dann gesammelt und dem Professor Bödecker in Bonn zur chemischen Untersuchung übergeben. Er enthielt in 100 Theilen nur 1,6 Theile an Basen und an organischer Substanz, aber 0,4 Chlorwasserstoff- und so viel Schwefelsäure, dass, wenn man alle Basen als an Schwefelsäure gebunden ansah, dem Gewichte nach noch 2,7 Hunderttheile der ganzen Flüssigkeit als freie Schwefelsäure übrig blieben. Wenn eine solche Flüssigkeit unter dem Einflusse des Nervensystems aus dem Blute abgesondert werden kann, so kann es uns sicher nicht wunderbarer erscheinen, dass an der Innenwand des Magens eine saure Flüssigkeit abgesondert wird, dass eine Zersetzung der Chlormetalle unter dem Einflusse des Nervensystems eintritt, so dass das Alkali nach der einen Seite und die Säure nach der andern Seite hingeht. Das ist jedenfalls nicht wunderbarer, als dass ein an und für sich harmloses Organ durch den Einfluss der Nerven in einen heftig wirkenden electrischen Apparat verwandelt wird, wie dies bei den electrischen Fischen der Fall ist, oder dass eine Masse von Eiweisskörpern, die Masse der Muskeln, ihre inneren Attractionsverhältnisse unter dem Einflusse der Nerven plötzlich so verändert, dass sie aus einer weichen, in allen ihren Theilen der Schwere folgenden Substanz sich in eine Masse umändert, die mit der grössten Gewalt einer ganz bestimmten Gleichgewichtsfigur zustrebt;

Trennung von Säuren und Basen ist unter diesen räthselhaften Vorgängen noch derjenige, welcher uns durch die Analogie der Electrolyse am leichtesten vorstellbar wird.

Darstellung und Eigenschaften des Pepsins.

Das Pepsin galt früher für einen Eiweisskörper, und es hängen hiemit wesentlich zusammen gewisse Vorstellungen, welche man von der Verdauung hatte. Man glaubte, das Pepsin sei eine sehr leicht zersetzbare Substanz und reisse dann andere Eiweisskörper mit in diesen Zersetzungsprocess hinein, dadurch werde ihre Auflösung bewirkt u. s. f. Nun ist aber das Pepsin gar nicht so sehr der freiwilligen Zersetzung unterworfen, wie man glaubt. Es kann nicht nur im trockenen Zustande lange Zeit unzersetzt aufbewahrt werden, sondern selbst in Lösungen. Selbst wenn der Schimmel einen halben Zoll hoch in Verdauungsflüssigkeiten gewachsen ist, so sind sie dadurch noch nicht nothwendig unwirksam; wenn man sie wieder filtrirt und Fibrin oder Eiweiss hineinthut, so findet man in der Regel, dass sie noch verdauen. Das Pepsin ist aber überhaupt kein Eiweisskörper. Dass man es dafür gehalten hat, rührte daher, dass man es mit Eiweisskörpern zusammen niedergeschlagen hatte, welche theils in dem Magensafte an und für sich enthalten waren, theils aus den Nahrungsmitteln oder der künstlich verdauten Magenschleimhaut herrührten.

Wenn man das Pepsin im reineren Zustande haben will, so kann man dazu die Eigenschaft desselben benutzen, sich an kleine feste Körper anzuhängen. Sie wissen, dass die meisten Farbstoffe diese Eigenschaft haben, dass, wenn man z. B. rothen Wein mit Kohlenpulver durchschüttelt und ihn dann filtrirt, eine farblose Flüssigkeit abfliesst, und der ganze rothe Farbstoff in dem Kohlenpulver zurückbleibt. In ähnlicher Weise adhärirt nun auch das Pepsin. Wenn man in die wirksamste Verdauungsflüssigkeit einen Löffel voll Thierkohle hineinschüttet, durchschüttelt und filtrirt, so bekommt man eine Flüssigkeit, welche absolut gar nicht mehr verdaut. Ja wenn man die zu verdauende Fibrinflocke mit der Kohle in die Verdauungsflüssigkeit hineinwirft und schüttelt, so dass sich die Fibrinflocke in die Kohle einbettet, welche nun das Pepsin an sich gerissen hat, so ist das Pepsin schon unwirksam. Dies Adhäriren kann man nun benutzen, um das Pepsin von Eiweisskörpern zu trennen, da die Eiweisskörper zwar auch adhäriren, aber in viel geringerem Grade als das Pepsin. Man geht dabei am besten so zu Werke, dass man die Schleimhaut eines Kälber- oder Schweinemagens zerkleinert, mit Wasser übergiesst und mit Phosphorsäure ansäuert. Sie unterliegt auf diese Weise der Selbstverdauung. Die erste Flüssigkeit giesst man weg, weil sie zu viel Verdauungsproducte enthält, die bei der Reinigung des Pepsins zu lange aufhalten würden. Dann giesst man neues Wasser und neue Phosphorsäure auf und digerirt weiter. Die so erhaltene Flüssigkeit benutzt man entweder in der gleich zu beschreibenden Weise, oder man giesst sie, wenn sie noch zu viel Verdauungsproducte zu enthalten scheint, fort und verschafft sich durch eine dritte in derselben Weise einzuleitende Digestion die weiter zu verarbeitende Flüssigkeit. Diese versetzt man, nachdem man sie filtrirt hat, mit so viel klarem Kalkwasser, dass ein blaues Lakmuspapier noch schwach violett gefärbt wird. Der herausfallende

phosphorsaure Kalk reisst das Pepsin mit sich. Man braucht den phosphorsauren Kalk nicht vollständig herauszufällen, weil schon die ersten Portionen nahezu die ganze Masse des Pepsins mit sich reissen, und wenn man später noch mehr Kalkwasser zusetzt, man keinen weiteren Vortheil hat, sondern nur phosphorsauren Kalk bekommt, der sehr wenig Pepsin mit sich genommen. Den phosphorsauren Kalk sammelt man auf dem Spitzbeutel, presst ihn ab und vertheilt ihn dann in Wasser, dem man vorsichtig und in kleinen Portionen so viel verdünnte Salzsäure hinzusetzt, dass er sich wieder löst. Dann setzt man wieder klares Kalkwasser zu, um ihn wieder theilweise herauszufällen. Es hat das den Zweck, die Eiweisskörper, die das erste Mal noch mitgerissen worden sind, in Lösung zu erhalten, während das Pepsin immer wieder von dem phosphorsauren Kalk mitgerissen wird. Man sammelt wieder auf dem Spitzbeutel, presst wieder ab, und löst den Rückstand wieder mittelst sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf.

Man giesst die so erhaltene Flüssigkeit in eine Flasche und senkt einen langhalsigen, bis auf den Boden der Flasche reichenden Trichter hinein. Durch diesen giesst man eine Lösung von Cholesterin in 4 Theilen Alkohol und einem Theile Aether hinein. Aus dieser scheidet sich, wenn sie in die wässerige Lösung hineinkommt, das Cholesterin in fein vertheiltem Zustande aus und bildet nun ähnlich wie früher der phosphorsaure Kalk einen Schlamm, an welchen sich das Pepsin anhängt. Man schüttelt mit diesem Schlamme noch gehörig durch, filtrirt und wäscht anfangs mit Wasser, das mit etwas Essigsäure angesäuert ist, dann mit reinem Wasser aus. Man hat dann auf dem Filter Cholesterin, an welches sich das Pepsin angehängt hat. Dieses gibt man ohne zu trocknen in ein Pulverglas und schüttet alkoholfreien Aether darüber, Aether, welchen man zuvor durch Schütteln mit Wasser vom Alkohol befreit hat. Der Aether zieht das Cholesterin aus, und unten bleibt eine wässerige Schicht stehen, welche das Pepsin enthält. Man giesst den Aether ab, ersetzt ihn durch neuen u. s. f. Endlich, wenn man alles Cholesterin auf diese Weise entfernt hat, lässt man die letzte Menge von Aether, welche sich nicht mehr rein abgiessen lässt, verdunsten und filtrirt die Flüssigkeit. Das Filtrat zeigt nun im hohen Grade verdauende Eigenschaften, so dass ein einziger Tropfen, in 5 Kubikctm. angesäuerten Wassers hineingegeben, eine Fibrinflocke noch innerhalb einer Stunde auflöst. Diese Flüssigkeit, welche so stark verdaut, wie irgend eine andere Flüssigkeit, zeigt nun aber nicht mehr die Reactionen der Eiweisskörper. Von allen Reactionen der Eiweisskörper zeigt sie nur noch zwei. Sie wird gefällt durch neutrales und durch basisches essigsaures Blei, und wird getrübt durch Platinchlorid. Dr. Krassilnikoff, der später hier im Laboratorium meine Versuche zur Reindarstellung des Pepsins fortsetzte, gelang es, durch Dialyse die Pepsinlösung so weit zu reinigen, dass sie auch durch Platinchlorid nicht mehr getrübt wurde, aber durch neutrales und basisches essigsaures Blei wurde sie noch gefällt.

Das Pepsin ist also kein Eiweisskörper, es ist auch kein Ferment, denn es vermehrt sich nicht bei der Verdauung, es wird aber auch bei der Verdauung nicht verbraucht. Wenn es nun bei der Verdauung nicht verbraucht wird, wo bleibt es? Wird es resorbirt? Schaden kann es im Körper nicht anrichten, denn es kommt zu alkalischen Flüssigkeiten,

in denen es keine verdauende Wirkung ausüben kann. Die Nothwendigkeit der Säure zur Verdauung ist ja auch der Grund, warum die Magenwand nicht verdaut wird. Die Magenwände werden nicht verdaut, weil sie vor der Verdauung geschützt sind durch das alkalische Blut, welches fortwährend durch sie hindurchcirculirt. Wenn die Circulation an irgend einer Stelle der Schleimhaut aufhört, wie dies bei gewissen krankhaften Affectionen der Magenschleimhaut geschieht, so wird dieses Stück der Schleimhaut allerdings verdaut, und wenn ein Thier in der Verdauung stirbt, so wird auch die Magenwand von der secernirten Verdauungsflüssigkeit angegriffen. Claude Bernard pflegte in seinen Vorlesungen einen Versuch zu machen, der darin bestand, dass er einen Hund während der Verdauung tödtete, und ihn dann in einen Apparat hineinlegte, in welchem das Cadaver auf einer Temperatur von 38^0 erhalten ward. Wenn er dann nach einer Zeit von mehreren Stunden herausgenommen und geöffnet wird, so findet man in der Regel, dass nicht nur der Magen, sondern dass auch noch ein Theil der Milz und der Leber verdaut worden ist. Aber während des Lebens sind, wie gesagt, alle diese Wirkungen durch das circulirende alkalische Blut paralysirt. Das Pepsin kann also ohne Nachtheil resorbirt werden, und es wird offenbar resorbirt, denn es lässt sich in den Muskeln und im Urin nachweisen. Wenn man Urin mit so viel Phosphorsäure versetzt, dass eine Probe davon eine Fibrinflocke aufquellen macht, dann mit solcher Flüssigkeit zwei Reagirgläser halb anfüllt, in dem einen derselben die Flüssigkeit bis zum Sieden erhitzt und sie wieder abkühlt, dann in beide Gläser Fibrinflocken hineinwirft, so verhalten sich diese sehr verschieden. In dem Urin, der vorher zum Sieden erhitzt worden ist, bleibt die Fibrinflocke im aufgequollenen Zustande liegen, in dem andern Glase aber, in welchem die Flüssigkeit nicht zum Sieden erhitzt worden ist, löst sie sich, wenn auch sehr langsam, auf. Es erweckt dies den Verdacht, dass in dem Urin Pepsin enthalten sei, denn es ist eine charakteristische Eigenschaft des Pepsins, dass es durch Erhitzen seiner Lösungen zum Sieden seine Wirksamkeit verliert. Man kann das trockene Pepsin auf 100^0 und darüber erwärmen, ohne dass es die Fähigkeit, Fibrin zu lösen, verliert, wenn man aber eine Lösung von Pepsin einmal bis zum Sieden erhitzt hat, so ist sie für alle Zeit unwirksam geworden. Wir kennen bis jetzt keine Substanz, welche wie das Pepsin die Eigenschaft hätte, die geronnenen Eiweisskörper in saurer Flüssigkeit zu lösen, und dabei die Eigenschaft hätte, ihre verdauende Wirkung gänzlich zu verlieren, wenn die Lösung erhitzt wird. Man kann sich aber noch weiter überzeugen, man kann das verdauende Princip wirklich aus dem Urin isoliren. Man nimmt eine grössere Menge Urin, versetzt sie, um einen etwas reichlicheren Niederschlag zu haben, mit einer kleinen Menge von Phosphorsäure, fügt nun Kalkwasser hinzu und fällt auf diese Weise den phosphorsauren Kalk heraus. Man sammelt denselben auf dem Spitzbeutel und schlägt nun ganz den Weg ein, welchen ich zur möglichsten Reindarstellung des Pepsins angegeben habe: man erhält dann in ähnlicher Weise, wie früher aus der Verdauungsflüssigkeit, Pepsin, wenn auch in sehr geringer Menge. In ähnlicher Weise kann man das Pepsin, oder wenigstens eine in allen bis jetzt bekannten Eigenschaften sich analog verhaltende verdauende Substanz, aus den Muskeln isoliren. Man presst frisches Fleisch aus und

lelt den ausgepressten Saft, ohne ihn vorher zur Coagulation der skörper zu erhitzen, in der vorbeschriebenen Weise. Man erhält ıier wieder eine wirksame verdauende Flüssigkeit, die aber ihre ımkeit sofort verliert, wenn sie einmal bis zum Sieden erhitzt ı ist.

Es ist indessen zweifelhaft, wie viel vom Pepsin zur Resorption . Da es von verdünnten Alkalien allmälig zerstört wird und diese :ung, wie schon W. Kühne gezeigt hat, bei der Temperatur von rascher fortschreitet, als in der Kälte, so ist es nach J. N. Langley heinlich, dass der grösste Theil des Pepsins auf seinem Wege den Dünndarm zu Grunde geht.

Quantitative Bestimmung des Pepsins.

Kann man das Pepsin auch quantitativ bestimmen? Da man keine ie hat, dass das Pepsin jemals in wirklich reinem Zustande dar- ; worden ist, da man nur weiss, dass man es in relativ reinem de dargestellt, das heisst, dass es von den Eiweisskörpern, mit n es sonst zusammen vorkommt, getrennt worden ist; so lässt sich psin nicht nach absoluten Quantitäten bestimmen: aber relativ s sich bestimmen; man kann, wenn man zwei Verdauungsflüssig- *A* und *B* hat, ermitteln, dass die eine doppelt oder dreimal so psin enthält, als die andere. Ich gehe dabei folgendermassen zu : Ich füge zu jeder der zu untersuchenden Flüssigkeiten so viel re, dass sie 1 Grm. freie *ClH* im Liter enthält, und mische in Gläsern nach dem folgenden Schema mittelst der Flüssigkeit *A* Verdauungsflüssigkeiten. Die Zahlen drücken die Volumina der üssigkeiten in Kubikcentimetern aus.

Glas	Pepsinlösung *A* vom Säuregrad = 1	Wasser vom Säuregrad = 1 (1 Gramm *ClH* im Liter)
I	16	0
II	8	8
III	4	12
IV	2	14
V	1	15
VI	0,5	15,5
VII	0,25	15,75

In analoger Weise mische ich in sieben anderen Gläsern sieben Verdauungsflüssigkeiten mit Hilfe der Flüssigkeit *B*.

Glas	Pepsinlösung *B* vom Säuregrad = 1	Wasser vom Säuregrad = 1
1	16	0
2	8	8
3	4	12
4	2	14
5	1	15
6	0,5	15,5
7	0,25	15,75

Nachdem jedes einzelne Glas gut gemischt, gut durchgeschüttelt ist, werfe ich in jede dieser Flüssigkeiten eine Fibrinflocke und lasse die Gläser nun ruhig stehen. Wenn diese Verdauungsflüssigkeiten einigermassen wirksam sind, so verdauen die ersten Gläser, welche die Verdauungsflüssigkeit ungemischt enthalten, verhältnissmässig schnell, aber je weniger sie von der Pepsinlösung enthalten, desto langsamer verdauen sie. Nun denken Sie sich, die zweite Flüssigkeit enthalte nur halb so viel Pepsin, als die erste, so wird das Glas 1 so langsam verdauen, wie das Glas II. Enthält die Flüssigkeit *B* nur den vierten Theil, so wird das Glas 1 so langsam verdauen, wie das Glas III u. s. f. — Auf diese Weise wird man also, indem man die Gläser vergleicht, in welchen die Verdauung gleichen Schritt hält, ermitteln können, wie vielmal mehr Pepsin in der einen Flüssigkeit enthalten ist als in der andern. Häufig bemerkt man, dass der Versuch anscheinende Widersprüche aufweist. Man findet z. B., dass Glas 3 mit Glas I Schritt hält, aber zugleich Glas 7 mit Glas VI; man könnte also in Zweifel sein, ob die Flüssigkeit *B* doppelt oder viermal so viel Pepsin enthält, als die Flüssigkeit *A*. Es kann auch geschehen, dass die Gläser niederer Ziffern 1, 2, 3, I, II, III alle gleich schnell verdauen, dagegen aber die Gläser höherer Ziffern sehr bedeutende Differenzen zeigen. In allen solchen Fällen haben immer die Gläser höherer Ziffern, die Gläser, welche die verdünnteren Flüssigkeiten enthalten, den Gläsern niedriger Ziffern gegenüber Recht. Jene scheinbaren Anomalien entstehen nämlich aus folgenden zwei Ursachen. Erstens ist die Vermehrung des Pepsins über einen gewissen Grad hinaus nutzlos: wenn also in Glas 3 dieser Grad schon erreicht ist, so können 1 und 2 nicht schneller verdauen als dieses. Zweitens kann das Pepsin in einer verdünnten Lösung seine volle verdauende Wirkung, welche es überhaupt zu äussern hat, besser äussern, als in einer Lösung, die vorher nicht verdünnt worden ist: denn in jeder Verdauungsflüssigkeit befinden sich ausser Pepsin auch noch andere Substanzen, und diese hindern die Verdauung, und zwar um so mehr, je grösser die relative Menge ist, in welcher sie in der Flüssigkeit enthalten sind. Namentlich sind es die aus den Eiweisskörpern entstehenden Verdauungsproducte, die den weiteren Fortgang der Verdauung hindern und endlich ganz sistiren. Schon Schwann bemerkte, dass er manchmal Verdauungsflüssigkeiten hatte, welche besser verdauten, wenn er vorher die Hälfte ihres Volums von saurem Wasser hinzugefügt, wenn er sie vorher mit angesäuertem Wasser verdünnt hatte. Es liegt nicht etwa in der Verdünnung des Pepsins ein Vortheil, aber es war so viel Pepsin in der Flüssigkeit, um auch noch bei der Verdünnung um die Hälfte oder um das Dreifache hinreichende verdauende Wirkungen auszuüben; zugleich waren so viel Verdauungsproducte, so viel schädliche Substanzen vorhanden, dass die Flüssigkeit deshalb besser verdaute, nachdem sie mit angesäuertem Wasser verdünnt worden war. Manchmal steht eine Verdauung vollständig still, macht keinerlei Fortschritte mehr, und wenn man dann mit angesäuertem Wasser verdünnt, setzt sie sich wieder in Gang. Es scheint dies wesentlich daran zu liegen, dass die Eiweisskörper oder ihre Verdauungsproducte durch ihre Anziehung zum Wasser dasselbe binden, so dass der Quellungsprocess der noch unveränderten Eiweisskörper nicht in der gehörigen Weise erfolgt. Bisweilen kann man

in Verdauungsflüssigkeiten, welche mit Phosphorsäure angemacht sind, auch ohne Zusatz von Wasser die Verdauung wieder in Gang bringen, indem man noch etwas Phosphorsäure hinzufügt. Bei Salzsäure geht das nicht, weil ein Ueberschreiten des Säuregrades an und für sich den Quellungsprocess der Eiweisskörper behindert, was bei der Phosphorsäure nicht der Fall ist. Es scheint, dass auch im lebenden Körper manchmal eine solche Hemmung der Verdauung durch eine zu grosse Menge von Verdauungsproducten zu Stande kommt. Denn es geschieht manchmal, dass zwölf, achtzehn Stunden nach einer reichlichen Fleischmahlzeit ein saurer Mageninhalt entleert wird, in welchem eine grosse Menge des eingenommenen Fleisches, der eingenommenen Eiweisskörper noch im unverdauten Zustande enthalten ist. Dieser Mageninhalt, der so ausgeleert wird, ist dann gewöhnlich relativ dickflüssig. Da er stark sauer reagirt, so muss man erwarten, dass die hinreichende Menge von saurem Magensaft abgesondert worden ist, und dass es deshalb wahrscheinlich nur die zu grosse Menge von Eiweisskörpern und die damit verbundene zu grosse Menge von Verdauungsproducten war, welche es nicht zu einer vollständigen Verdauung hat kommen lassen.

Die quantitative Probe auf Pepsin kann man ganz in der Weise, wie ich es hier mit Fibrinflocken beschrieben habe, auch mit Eiweiss anstellen, und dies ist sogar in gewisser Hinsicht vorzuziehen, da man sich die Eiweissstücke gleichförmiger verschaffen kann, als die Fibrinflocken. Man muss aber, da das Eiweiss langsamer verdaut wird, länger auf das Resultat warten.

Man nimmt das Weisse von hartgekochten Hühnereiern, schneidet dasselbe in Würfeln von zwei bis drei Millimetern Seite, und verwendet diese Würfel, um sie in die verschiedenen Gläser hineinzulegen, welche man in der Weise zugerichtet hat, wie ich es Ihnen früher beschrieben habe. Hier geht aber der ganze Process, wie gesagt, langsamer vor sich. Das in der Hitze geronnene Eiweiss wird langsamer verdaut als das rohe Blutfibrin, weil das rohe Blutfibrin in seiner ganzen Masse aufquillt, während der Aufquellungsprocess, der der Lösung vorhergehen muss, beim geronnenen Hühnereiweiss nur immer an der Oberfläche stattfindet. Dann muss sich erst wieder eine Schicht lösen, damit der Aufquellungsprocess wiederum weiter eingreifen kann. Es scheinen dabei verschiedene Bestandtheile des Eiweisses ungleich schnell angegriffen zu werden. Form und Grösse des Würfels ändern sich anfangs nicht, aber er wird an den Kanten durchscheinend. Auch hier gilt die Regel, dass immer diejenigen Gläser, in welchen die verdünntesten Verdauungsflüssigkeiten sind, das sicherste Resultat geben. Ich pflege den relativen Pepsingehalt abzuschätzen nach Gläsern, welche bei diesen Versuchen 6 bis 8 Stunden brauchen, um mit ihrem Eiweisswürfel fertig zu werden. Denn eine Pepsinlösung, welche mit einem Eiweisswürfel von 3 Millimeter Seite in weniger als 3 Stunden fertig wird, hat schon überhaupt das Maximum der Verdauungsfähigkeit, und wenn man eine andere daneben hat, welche drei, vier, ja zehnmal so viel Pepsin enthält, so verdaut sie darum doch nicht schneller. Man kann die Zeit etwa abkürzen, indem man sich nicht der Eiweisswürfel bedient, sondern das rohe Eiweiss mit Wasser verdünnt durch ein Tuch laufen lässt, und hierauf, nachdem man es neutralisirt hat, erhitzt, wo es sich dann in feinen Flocken abscheidet.

Es sind zwar diese Flocken nicht so gleichmässig in ihrer Grösse und so gleich beschaffen, wie die Eiweisswürfel, aber man kann die gleichgehenden Gläser doch in der Regel gut erkennen, denn es ist bei solchen Proben bald zu ersehen, ob die Verdauung begonnen hat, und ob sie vorwärts geht, oder ob sie nicht vorwärts geht. So lange nämlich nichts verdaut ist, klärt sich die Flüssigkeit sofort wieder, wenn man sie aufgeschüttelt hat, die Eiweissflocken senken sich sofort wieder zu Boden; wenn aber bereits eine Portion verdaut ist, und man schüttelt, so trübt sich die ganze Flüssigkeit und klärt sich nicht vollkommen wieder. Das beruht darauf, dass beim Verdauen des Eiweisses immer ein sehr fein vertheilter, molekularer Rückstand bleibt, welcher sich viel schwerer aus der Flüssigkeit heruntersenkt, als die noch unverdauten Eiweissflocken.

Man benützt auch künstlich gefärbte Fibrinflocken zu Verdauungsproben, weil man dann an der zunehmenden Färbung der Flüssigkeit gut sieht, ob sie sich rasch oder langsam auflösen.

Ein anderes Verfahren hat Grünhagen angegeben. Es besteht darin, dass man in Salzsäure von 2 pro mille so viel Fibrin einträgt, dass das Ganze eine gallertige Masse bildet, und diese gallertige Masse auf einen Trichter legt. Nun fügt man eine Anzahl Tropfen der zu untersuchenden Verdauungsflüssigkeit hinzu. Je reicher an Pepsin die Verdauungsflüssigkeit ist, um so rascher tropft Flüssigkeit aus dem Trichter ab, denn es tropft ja nur das ab, was sich löst, das, was nur aufgequollen ist, bleibt auf dem Trichter. Man beurtheilt deshalb die Menge des Pepsins nach der Menge von Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit vom Trichter abtropft. Es ist dieses Verfahren wohl zu brauchen, um zu schätzen, ob eine Flüssigkeit mehr oder weniger Pepsin enthält, als eine andere: Quantitäten, auch relative, lassen sich damit nicht bestimmen, da kein Beweis dafür vorliegt, dass die Menge des in der Zeiteinheit gelösten gradlinig wächst mit der Menge des Pepsins.

Am allerunbrauchbarsten, man kann sagen völlig unbrauchbar, ist dasjenige Verfahren, welches am allerhäufigsten eingeschlagen worden ist, das Verfahren, die Menge von Pepsin in einer Verdauungsflüssigkeit zu beurtheilen nach der Menge von Eiweiss, welches dieselbe überhaupt auflöst. Es ist dieses Verfahren geradezu ohne allen Sinn. Denn es würde ja nur einen Sinn haben, wenn man mit einer bestimmten Quantität Pepsin stets nur eine bestimmte Quantität Eiweiss auflösen könnte. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern es kommt ja immer darauf an, wie viel Flüssigkeit für die Auflösung gegeben ist. Wenn ich auch nur eine relativ kleine Menge von Pepsin habe, mir aber gestattet ist, diese kleine Menge von Pepsin in einer hinreichend grossen Menge einer richtig titrirten verdünnten Säure aufzulösen, und wenn mir zweitens unbegrenzte Zeit für die Verdauung gegeben ist, so kann ich mit dieser kleinen Menge von Pepsin eine sehr grosse Menge von Eiweiss auflösen. Wenn ich dagegen auch eine verhältnissmässig grosse Menge von Pepsin mit einer kleinen Menge von verdünnter Säure anmache und in diese nun eine überschüssige Quantität von Eiweiss hineinthue, so wird nach kürzerer oder längerer Zeit die Menge der Verdauungsproducte so gross, dass die ganze Verdauung sistirt wird, und ich bilde mir nun ein, ich hätte diejenige Menge von Eiweiss gelöst, welche ich mit der vorhandenen Pepsinmenge überhaupt hätte auflösen können, während ich thatsächlich,

wenn ich mehr verdünnte Säure genommen und mir mehr Zeit gelassen hätte, vielleicht die hundertfache Eiweissmenge mit derselben Quantität Pepsin hätte auflösen können.

Bei allen quantitativen Pepsinbestimmungen ist es wichtig, den Säuregrad immer gleich einzurichten, und den passenden Säuregrad zu treffen, denjenigen, bei welchem die Verdauung am besten von statten geht. Dieser ist nun nicht ganz gleich für rohes Fibrin und für durch Hitze geronnenes Eiweiss. Wenn man die Versuche bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, also bei einer Temperatur von 18° C. anstellt, so liegt der beste Säuregrad für Fibrin zwischen 0,8 und 1,0 Gramm *ClH* im Liter, dagegen liegt der beste Säuregrad für in der Hitze geronnenes Eiweiss bei derselben Temperatur zwischen 1,2 und 1,6 Gramm im Liter. Das Eiweiss verlangt also etwas mehr Säure als das rohe Blutfibrin. Einen wesentlichen Einfluss hat die Temperatur. Wenn man nämlich die Verdauungsversuche in einem Brütofen zwischen 37° und 38° C., also der Temperatur des menschlichen Körpers anstellt, so findet man, dass viel rascher verdaut wird. Damit hängt es zusammen, dass die warmblütigen Thiere sehr viel rascher verdauen als die kaltblütigen. Das Pepsin der kaltblütigen Wirbelthiere verhält sich in höheren Temperaturen ganz so wie das der warmblütigen, und soll nach den Versuchen von Morisier seine Wirksamkeit noch bei 0 Grad gezeigt haben, während mit Hundepepsin bei dieser Temperatur nicht mehr merklich verdaut wurde. Es scheint, dass bei den Insecten noch dasselbe verdauende Princip vorkommt oder doch ein sehr ähnliches. Dr. v. Basch hat in den sogenannten Speicheldrüsen der Blatta orientalis einen sauren Saft gefunden, welcher sich bei Verdauungsversuchen ganz so verhält, wie der saure Magensaft der Wirbelthiere. Möglicher Weise ist das Pepsin selbst in der Pflanzenwelt verbreitet. Das Ob und Inwieweit ist indessen noch nicht sichergestellt. Nur das ist unzweifelhaft, dass im Pflanzenreiche Substanzen vorkommen, die in ähnlicher Weise lösend auf geronnene Eiweisskörper einwirken.

Es wird nicht nur rascher verdaut bei der Temperatur des menschlichen Körpers, sondern man ist auch unabhängiger vom Säuregrade, indem bei dieser erhöhten Temperatur die Verdauung des durch Hitze geronnenen Eiweisses ziemlich gleich gut mit Säuregraden von 1 bis 7 pro mille vor sich geht. Bei den kaltblütigen Thieren, die überhaupt sehr langsam verdauen und einen langsamen Stoffwechsel haben, kommt nicht viel darauf an, ob sie das eine oder das andere Mal etwas rascher oder langsamer verdauen. Bei uns aber, bei unserem raschen Stoffwechsel kommt es immer darauf an, dass unsere Verdauung zur rechten Zeit beendigt sei, dass sie nicht protrahirt werde. Es ist deshalb bei uns wünschenswerth, dass bei unserer Körpertemperatur von 37° 6 C. ein grösserer Spielraum für den Säuregrad vorhanden sei; der Fortgang unserer Verdauung ist dadurch weniger von der etwas mehr oder weniger sauren Beschaffenheit unseres Magensaftes abhängig.

F. Kretschy stellte an einer Kranken mit einer Magenfistel Versuche über den Säuregrad des Mageninhaltes an. Er bediente sich dabei einer Lösung von kohlensaurem Natron, von der 1 Kubikcentimeter 10 Milligramme Oxalsäure sättigte. Im Laufe der Verdauungszeit steigerte sich die Säuremenge und hob sich im letzten Viertheile oder Dritttheile

zu solcher Höhe, dass für den Liter Flüssigkeit das Neutralisationsäquivalent von 3 Grammen *ClH* nothwendig gewesen sein würde. In den Zwischenzeiten zwischen den verschiedenen Verdauungen trat neutrale Reaction ein.

Heidenhain fand bei Hunden im direct aufgefangenen Secret der Fundusdrüsen die Säure im Mittel entsprechend 0,52 $^0/_0$ Salzsäure und unabhängig von der Verdauungszeit. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass auch beim Menschen die am Magensaft beobachteten Schwankungen des Säuregehalts nicht mit einem Schwanken des Säuregehalts des Secretes der besagten Drüsen zusammenhängt, sondern daher rührt, dass dieses Secret bald einen grösseren, bald einen geringeren Bruchtheil des gemischten Mageninhaltes ausmacht.

Die Verdauungsproducte.

Wir müssen unterscheiden zwischen Verdauungsproducten erster Ordnung, das heisst zwischen dem, was unmittelbar nach der Lösung entsteht, und zwischen Verdauungsproducten zweiter Ordnung oder secundären Verdauungsproducten, welche bei weiterer Einwirkung des Magensaftes entstehen.

Das Bindegewebe wird umgewandelt in eine leimähnliche Substanz, in eine Substanz, welche sich gegen Reagentien wie Leim verhält. Bei dieser Umwandlung spielt ohne Zweifel die Säure wiederum eine wesentliche Rolle. Denn man kann auch ohne Pepsin Bindegewebe nach Einwirkung einer Mineralsäure durch Wasser von verhältnissmässig niederer Temperatur in Leim umsetzen. Es wurde dazu zuerst von Ruthay schwefelige Säure, dann von Rollet Schwefelsäure angewendet, und es ist bekannt, dass Bindegewebe beim Kochen in angesäuertem Wasser viel schneller in Leim umgewandelt wird, als beim Kochen in reinem Wasser.

Es wird als ein wesentlicher Unterschied des sogenannten Leimpeptons, das heisst des Verdauungsproductes des Leimes angegeben, dass dasselbe beim Erkalten keine Gallerte gibt. Ich habe aber keine Erfahrung darüber, ob dieses Product im Magen unmittelbar nach der Lösung des Bindegewebes entsteht, oder ob erst gewöhnlicher Leim entsteht, der dann erst bei weiterer Einwirkung des Magensaftes seine Gerinnbarkeit verliert. Beim Menschen muss man noch hinzubringen, dass ja das Bindegewebe von ihm nicht im rohen Zustande genossen wird, sondern dass es theils ganz, theils halb in Leim umgewandelt ist.

Rohes Hühnereiweiss, natives Eiweiss, wird nach und nach in fällbares Eiweiss umgewandelt. Man kann leicht zeigen, dass hierzu die Säure allein ausreicht; denn, wenn man Eiweiss mischt einerseits mit der verdünnten Säure allein, andererseits mit einer Verdauungsflüssigkeit von gleichem Säuregrade, so geht diese Umwandlung in fällbares Eiweiss in der Verdauungsflüssigkeit durchaus nicht schneller von statten als in der blos verdünnten Säure. Ja in Meissner's und meinen Versuchen ging sogar in der blos verdünnten Säure diese Umwandlung schneller von statten, als in der Verdauungsflüssigkeit.

Wenn man rohes Blutfibrin verdauet, und unmittelbar nach der Auflösung die filtrirte Flüssigkeit mit etwas Ammoniak neutralisirt, so

bildet sich, sobald die Säure so weit abgestumpft ist, dass die Flüssigkeit blaues Lakmuspapier nur noch violett oder schwach roth färbt, ein Niederschlag. Dieser Niederschlag löst sich in überschüssigem Alkali wieder auf und löst sich auch wieder auf in überschüssiger Säure. Er verhält sich hierin wesentlich wie Syntonin, wie durch Säuren verändertes Eiweiss. Wenn man aber die Flüssigkeit, welche man von diesem Niederschlage abfiltrirt hat, zum Sieden erhitzt, so gibt sie noch wiederum ein Coagulum; sie enthält also noch natives Eiweiss. Der Grund, dass man dieses native Eiweiss früher oft übersehen hat, liegt darin, dass man die sauren Verdauungsproducte erhitzte und nun erwartete, dass sich ein Coagulum bilden sollte. Es coagulirte aber nichts, weil bei einem solchen Säuregrade in der Wärme das native Eiweiss in Syntonin umgewandelt wird und sich nicht ausscheidet, wenn es nicht in sehr grosser Menge vorhanden oder mit viel Salzen gemischt ist.

Das rohe Fibrin gibt also ein fällbares Eiweiss und lösliches Eiweiss als erste Verdauungsproducte, und gerade so verhält es sich mit dem rohen Fleische. Anders aber verhält es sich mit sämmtlichen gekochten Eiweisskörpern, mit gekochtem Fleische, gekochtem Fibrin und gekochtem Hühnereiweiss. Alle diese geben zwar auch das sogenannte Neutralisationspräcipitat, das heisst, die Lösung lässt eine Quantität eines Eiweisskörpers fallen, wenn man sie neutralisirt, aber wenn man dann die abfiltrirte Flüssigkeit erhitzt, so bekommt man kein Coagulum mehr, es ist also kein natives Eiweiss in den Verdauungsproducten vorhanden. Es liegt darin ein grosses Räthsel unserer Ernährung. Der grösste Theil unserer Säftemasse ist mit nativem Eiweiss durchsetzt, natives Eiweiss verbrauchen wir und natives Eiweiss müssen wir wieder ersetzen. Nun nehmen wir aber alle Eiweisskörper im gekochten Zustande zu uns, und am Ende der Magenverdauung können wir in den Verdauungsproducten gar kein natives Eiweiss nachweisen. Dieses muss also auf irgend einem anderen Wege wieder entstehen.

Der Eiweisskörper, welcher in Gestalt des Neutralisationspräcipitats herausgefällt wird, ist eigentlich nicht wirklich gelöst in der Flüssigkeit enthalten, sondern nur in hohem Grade aufgequollen. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die filtrirten Verdauungsproducte ansieht, während die Sonne darauf scheint. Man bemerkt dann, dass die Flüssigkeit opalisirend ist, und wenn man eine Linse nimmt und lässt einen Lichtkegel hineinfallen, so sieht man den Weg des Lichtkegels wie in einer fluorescirenden Flüssigkeit. Es ist dies aber keine Fluorescenz, sondern es rührt dies her von Reflexion an kleinen festen Körpern: denn, wenn man eine Turmalinplatte oder ein Nicol'sches Prisma vor seinem Auge herumdreht und durch dasselbe die Flüssigkeit mit dem Strahlenkegel ansieht, so bemerkt man, dass es eine Stellung gibt, bei der der Strahlenkegel ein Maximum von Helligkeit hat, und dass bei einer Drehung um 90° ein Minimum der Helligkeit eintritt, dass also das Licht, das aus der Flüssigkeit kommt, polarisirt ist. Wenn neutralisirt wird, geschieht eigentlich nichts Anderes, als dass die kleinen Flöckchen schrumpfen und sich nun als Niederschlag zu Boden senken. Damit klärt sich die Flüssigkeit und ihre Opalescenz, ihre anscheinende Fluorescenz hat aufgehört. Sie entsinnen sich, dass wir schon bei dem fällbaren Eiweiss im Allgemeinen gesehen haben, dass die Erscheinungen

so sind, dass sie sich viel besser auf einen Quellungsprocess und einen Schrumpfungsprocess zurückführen lassen, als auf eine wahre Auflösung und Fällung.

Wenn man künstliche Verdauungsversuche anstellt und von Zeit zu Zeit die Flüssigkeit untersucht, so findet man, dass die Fällungsmittel für Eiweisskörper eins nach dem andern unwirksam werden, und dass zuletzt die Flüssigkeit von allen den Reagentien, welche Lösungen von Eiweisskörpern fällen, nicht mehr gefällt wird, mit Ausnahme von Gerbsäure, von Phosphorwolframsäure, von Phosphormolybdänsäure und Jodquecksilberkalium, welche in der sauren Lösung noch einen Niederschlag hervorbringen. Die Körper, welche nun darin sind, haben nicht mehr die Charaktere der Eiweisskörper, wenn sie auch noch einzelne derselben besitzen, namentlich sich noch mit Salpetersäure und Ammoniak gelb färben. Diese Körper nennt man Peptone. Da die Reactionen der Eiweisskörper allmälig verschwinden, muss man eine gewisse Grenze festsetzen, von welcher an man diese Körper Peptone nennt. Man findet diese Grenze conventionell in der Fällung mit Blutlaugensalz aus der sauren Lösung. So lange ein Bestandtheil des Verdauungsgemisches noch durch Blutlaugensalz aus sauren Lösungen gefällt wird, heisst er ein Eiweisskörper: wenn er aber nicht durch Blutlaugensalz aus sauren Lösungen gefällt wird, aber noch gefällt wird durch Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure und Jodquecksilberkalium, dann heisst er ein Pepton. Es herrscht indessen in der Nomenclatur keine Uebereinstimmung. Lehmann und Meissner nennen Substanzen Peptone, die noch durch Blutlaugensalz gefällt werden, während Mulder von seinen Peptonen verlangt, dass sie aus saurer Lösung nicht nur nicht durch Blutlaugensalz, sondern auch nicht durch Alkohol gefällt werden. Diese Peptone sind von Einigen für Umwandlungsproducte, von Anderen für Zersetzungsproducte der Eiweisskörper gehalten worden. Jetzt nimmt man gewöhnlich an, dass die ersten chemischen Veränderungen in Hydratation, in der Aufnahme der Elemente des Wassers bestehen, da es Hofmeister gelungen ist, durch Wasseraustreibung an Verdauungsproducten Eiweissreactionen, die sie nicht mehr zeigten, wieder herzustellen. Ueber ähnliche Regenerationsversuche berichtet Danilewski. W. Kühne sieht das Eiweiss an als aus zwei präformirten Theilen bestehend, welche einzeln und nach einander der Magenverdauung unterliegen und verschiedene Verdauungsproducte geben. Er hat in Gemeinschaft mit R. Chittenden die Eigenschaften und die procentische Zusammensetzung derselben untersucht. In der That ist ja die Einfachheit der Eiweisskörper, wie wir sie als Albumin, Fibrin, Syntonin, Casein u. s. w. benennen, nicht bewiesen. Vielleicht bedarf es gar nicht einmal einer Spaltung im chemischen Sinne des Wortes, um sie in Bestandtheile zu zerlegen. Vielleicht sind sie, wie dies auch schon vermuthet worden ist, Gemenge von untereinander ähnlichen, aber nicht identischen Substanzen, die sich miteinander ausscheiden, miteinander gefällt werden. Chemische Individuen sind sie für uns nur so lange, als wir sie nicht in Gemengtheile zerlegt haben. Wir wissen über die chemische Natur der sogenannten Peptone wenig, es ist indessen durch mehrere Untersuchungen in hohem Grade wahrscheinlich geworden, dass ausser dem in dem Neutralisationspräcipitate enthaltenen Eiweisskörper, noch ehe weitere

Zersetzungen eintreten, ein anderes Product entsteht, das der Gruppe der Eiweisskörper als solcher zugezählt werden muss, aber durch Neutralisation nicht mehr fällbar ist.

Man hat früher allgemein die Vorstellung gehegt, dass diese Peptone sich im lebenden Körper wieder vereinigten oder regenerirt würden zu Eiweisskörpern, dass alle Eiweisskörper erst in Peptone umgewandelt werden müssten, und dass sich der Körper aus diesen Peptonen wiederum das Eiweiss schaffe, das er braucht. Man war durch eine seltsame Reihe von Missverständnissen und Fehlschlüssen zu der Idee gekommen, dass überhaupt die Eiweisskörper als solche nicht resorbirt werden könnten, und deshalb sah man sich zu der Annahme gedrängt, dass sie erst in Peptone umgewandelt und dann regenerirt werden müssten. Man weiss aber jetzt, dass die Eiweisskörper als solche, und zwar in nicht unbeträchtlicher Menge, der Resorption anheimfallen. Es ist also auch die Annahme nicht mehr selbstverständlich, dass die Peptone zu Eiweisskörpern regenerirt werden. Wenn sie noch weiter bestehen soll, so muss sie durch positive Thatsachen gestützt werden. Dies zu thun haben in neuerer Zeit Plósz und Maly unternommen. Ersterer fütterte einen jungen Hund mit Zucker, Fett und den Verdauungsproducten von Fibrin, aus denen er alles native Eiweiss und alles durch Neutralisation fällbare entfernt hatte. Das Thier wuchs und nahm an Gewicht zu, und zwar in 18 Tagen um 101 Gramm. Letzterer fütterte unter Beihülfe von Kohlehydraten, Fett und Weizenasche eine Taube mit dem Alkoholpräcipitate eines Gemenges von Fibrinverdauungsproducten, aus dem das durch Neutralisation und Kochen fällbare abgeschieden war, das aber noch theilweise gefällt wurde durch Blutlaugensalz, wenn nur freie Essigsäure, keine freie Salzsäure, darin enthalten war. Die Fütterung gelang gleichfalls, und das Thier nahm nicht unbeträchtlich an Gewicht zu. Es wird sich nun darum handeln, eine bestimmte Reaction zu ermitteln, welche die Verdauungsproducte, die im engeren Sinne des Wortes assimilirt werden oder assimilirt werden können, von denen unterscheidet, bei welchen dies nicht der Fall ist, von denen, die resorbirt direct dem weiteren Zerfalle entgegengehen. Dass dieser Zerfall stets für einen Theil der Eiweisskörper der Nahrung eintritt, darüber kann nach den Fütterungsversuchen von Voit kein Zweifel mehr obwalten. Es bezieht sich darauf, was ich Ihnen früher sagte, dass die am leichtesten verdaulichen Nahrungsmittel vielleicht nicht gerade diejenigen sind, welche am besten ausgenützt werden. Denn am besten ausgenützt wird nach unseren jetzigen Vorstellungen ein Eiweisskörper als Nahrungsmittel dann, wenn von ihm möglichst viel in wenig modificirter Gestalt resorbirt wird, und möglichst wenig schon im Magen oder Darmkanal eine tiefer eingreifende Zersetzung erfährt.

Wenn man Verdauungsproducte von Eiweisskörpern mit Kali und einem Kupferoxydsalz versetzt, als wolle man nach Eiweisskörpern suchen, so erhält man eine schön purpurrothe Färbung. Da man mittelst Biuret auf demselben Wege eine ähnliche Färbung hervorrufen kann, so nennt man diese Reaction die Biuretreaction oder Peptonreaction. Wenn man durch die so erhaltene rothe Flüssigkeit andauernd Kohlensäure hindurchleitet, so wird sie blau, wie dies auch bei der eigentlichen Biuretreaction geschieht. Am stärksten gibt die Biuretreaction ein

Verdauungsproduct, das nicht durch die gewöhnlichen Fällungsmittel für Eiweisskörper, wohl aber durch Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure und Kaliumquecksilberjodid gefällt wird. Es ist in Alkohol löslich, so dass es durch diesen aus der wässerigen Lösung bei keiner Reaction ausgefällt werden kann, weder bei saurer, noch bei neutraler, noch bei alkalischer, färbt sich mit Salpetersäure und Kali gelb und gibt auch die Reaction mit der Milton'schen Flüssigkeit. Man benutzt die sogenannte Biuretreaction, um „Pepton" — wir haben früher gesehen, dass dies nur ein Sammelname ist für verschiedene Verdauungsproducte der Eiweisskörper — nachzuweisen; aber nur grössere Mengen der sich mit Kali und Kupferoxyd roth färbenden Verdauungsproducte lassen sich neben Eiweisskörpern so nachweisen, geringe Spuren nicht, da die Eiweisskörper als solche schon eine violette, nicht, wie bisweilen gesagt wird, eine blaue Farbe geben.

Dass bei der Magenverdauung bei Weitem nicht alle Eiweisskörper in sogenannte Peptone umgewandelt werden, kann man auf das schlagendste beweisen. Erstens findet sich zu jeder Zeit der Magenverdauung Eiweiss in den Verdauungsproducten, das durch Neutralisation gefällt werden kann, und zweitens werden die Eiweisskörper im Magen gar nicht einmal vollständig gelöst. An einer Patientin, welche in Folge einer Verwundung eine hochliegende Dünndarmfistel hatte, beobachtete Busch, dass die ersten Spuren der genossenen Speisen schon zwischen 15 und 35 Minuten nach der Nahrungseinnahme aus der Fistelöffnung austraten. Bekanntlich verweilen im Ganzen die Nahrungsmittel im Magen drei bis vier, in manchen Fällen auch sechs bis sieben Stunden. Nach dieser Zeit entleert sich der Magen; nur die Nacht macht nach den Beobachtungen von Busch eine Ausnahme, indem er häufig noch am andern Morgen Nahrungsmittel aus der Fistelöffnung austreten sah, die am Abend vorher genossen worden waren. Aber selbst die Zeit, die hier verflossen war, würde nach unseren künstlichen Verdauungsversuchen viel zu kurz sein, um alle Eiweisskörper in Peptone umzuwandeln, und die directe Erfahrung zeigt auch, dass nicht nur Eiweisskörper in den Dünndarm übergehen, sondern dass selbst noch ungelöste Eiweisskörper in den Dünndarm in ziemlicher Menge übergehen. Wenn man den Dünndarminhalt mikroskopisch untersucht, so findet man immer eine grosse Menge von Muskelfasern und Trümmer von Muskelfasern in demselben. Es beruht dies darauf, dass im Magen das Bindegewebe aufgelöst worden ist, die Muskelfasern auseinandergefallen sind, aber dass nicht die hinreichende Zeit vorhanden war, um auch alle Muskelfasern aufzulösen.

Fette und Kohlehydrate während der Magenverdauung.

Ehe wir die Magenverdauung verlassen, müssen wir noch der übrigen Nahrungsmittel gedenken, der Fette und der Kohlehydrate. Die Fette werden im Magen wenig verändert, man findet sie in grossen Tropfen und anscheinend unverändert vor. Nur ausnahmsweise und unter nicht näher bekannten Umständen scheinen sich fette Säuren in einiger Menge abzuspalten. Von der Veränderung der Kohlehydrate, speciell

von der Veränderung der gekochten Stärke haben wir schon gesprochen. Wir haben gesehen, dass zu Anfang, so lange die Reaction noch nicht zu sauer ist, der Speichel seine Wirkung fortsetzt, und namentlich Stärke in Dextrin und zunächst in Erythrodextrin umsetzt. Nach Versuchen an Hunden tritt aber im späteren Verlaufe der Magenverdauung, mehrere Stunden nach der Nahrungseinnahme noch eine andere Veränderung, die Milchsäuregährung auf. Dass Milchsäure im Magen aus den Kohlehydraten gebildet wird, weiss man seit langer Zeit. Aber man hat dies immer so aufgefasst, als ob diese Milchsäure nur aus dem eingeführten, oder aus dem durch die Einwirkung des Speichels aus der Stärke erzeugten Zucker gebildet würde. Es hat sich nun gezeigt, dass auch die Stärke durch den Umsetzungsprocess, der die Milchsäure erzeugt, in Mitleidenschaft gezogen wird, und zwar, dass sie zunächst umgewandelt wird in Erythrodextrin, von Erythrodextrin in Achroodextrin, dann weiter verändert wird und Milchsäure gibt, höchst wahrscheinlich, indem zuerst Achroodextrin und Zucker gebildet wird, der sich gleich wieder verwandelt, so dass man davon immer nur verhältnissmässig sehr geringe Mengen im Magen findet. Es ist wesentlich derselbe Process, wie er beim Sauerwerden der Weberschlichte vor sich geht. Wenn man Kleister sich selbst überlässt, verschwindet nach und nach die blaue Stärkereaction; eine Probe von der Substanz färbt sich mit Jod roth, sie wird dabei sauer, es geht die bekannte Umwandlung von Stärke in Erythrodextrin und Zucker, und endlich in Milchsäure vor sich. Wir glauben zu wissen, dass ausserhalb des Körpers diese Veränderung durch ein Ferment erzeugt wird, welches aus der Luft in den Kleister hineingelangt. Wahrscheinlich geht in analoger Weise auch innerhalb des menschlichen Körpers dieser Gährungsprocess vor sich, indem ja der Magen nicht systematisch gereinigt wird, sondern alles Mögliche in ihn hineingelangt. Die wesentlichsten Versuche sind bis jetzt an Hunden angestellt worden. Bei diesen wird die Reaction viel früher und stärker sauer als beim Menschen. Bei Hunden kommt also weniger von der Umwandlung der Stärke auf Rechnung des Speichels, und mehr auf Rechnung der Milchsäuregährung. Beim Menschen wird offenbar relativ mehr von der Umwandlung der Stärke auf Rechnung des Speichels kommen, weil der Speichel wegen der schwächer sauren Reaction länger einwirken kann.

Uebertritt der Nahrungsmittel in das Duodenum.

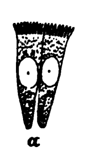
Die Nahrungsmittel verlassen, wie gesagt, den Magen nicht plötzlich, sondern allmälig, und schon in einer sehr frühen Periode sah Busch, wie erwähnt, kleinere Mengen in den Darm gelangen. Aber zuletzt, gegen das Ende der Verdauung, pflegen sich doch die Contractionen, die den Speisenbrei in den Dünndarm hinüberführen, zu verstärken, und es kann die Frage entstehen: Was ist es eigentlich, was diese Contractionen anregt? Ein mechanischer Reiz kann es nicht wohl sein, denn als die Speisen verschlungen wurden und noch nicht aufgelöst waren, mussten sie offenbar mehr mechanischen Reiz ausüben als später, nachdem sie verdaut worden sind. Man kann also nur entweder annehmen, dass das Ausstossen des Speisenbreies aus dem Magen eine Erscheinung sei,

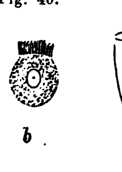
welche bis zu einem gewissen Grade an eine bestimmte Zeit gebunden ist, so dass aus inneren Ursachen, ohne dass ein besonderer äusserer Reiz einzuwirken braucht, Contractionen des Magens erfolgen, welche den Speisenbrei austreiben, oder man muss annehmen, dass es die vermehrte Säure ist, welche einen Reiz auf die Magenwandungen ausübt. Die Menge der Säure steigt gegen das Ende der Verdauung. Die Substanzen, die wir in den Magen hineingebracht haben, reagiren an und für sich nicht nothwendig sauer, und wohl selten so sauer wie der Magensaft; aber während der Verdauung wird fortwährend neuer Magensaft abgesondert und damit seine Reaction die herrschende. Nach dem Genusse von Kohlehydraten wird, wie wir gesehen haben, ausserdem noch Säure aus diesen gebildet.

Anatomie des Darmrohres.

Wir unterscheiden im Darmkanale ebenso wie im Magen drei Schichten: die Schleimhaut, das submucöse Bindegewebe oder die Tunica nervea seu vasculosa und die Muskelhaut; dazu kommt noch an denjenigen Theilen, an welchen der Darm vom Peritonäum überzogen ist, der Peritonäalüberzug. An der Schleimhaut bemerken wir lange Hervorragungen, die Darmzotten, und zwischen diesen sack- oder handschuhfingerförmige Einsenkungen unter das Niveau der Schleimhaut, die Lieberkühn'schen Krypten. Die Zotten sind überzogen von dem Cylinderepithel, das, wie wir gesehen haben, in der Cardia anfängt und sich von da an durch den Magen und durch den ganzen Darm fortsetzt und auch die Krypten auskleidet. Die Cylinderzellen der Zotten zeigen an ihrer Oberfläche, an ihrem dem Darme zugekehrten Ende einen eigenthümlichen Saum, welchen schon Gruby und Delafond kannten und mit dem Namen des bourrelet bezeichneten, weil er sich gewöhnlich oben etwas verbreiterte, so dass sie ihn mit dem Fries an der Kanone verglichen, welcher im Französischen bourrelet heisst. Später entdeckte man an diesem Saume eine Streifung, welche mit der Längsaxe der Zellen parallel läuft, und man deutete diese Streifung anfangs fälschlich als den Ausdruck eines Systems von Porenkanälen, welche die hier oben angeblich verdickte Zellenwand durchsetzen sollten. Hier oben existirt aber gar keine Zellenwand, sondern die Zellmembran aller Cylinderzellen, auch der Flimmerzellen, ist becherförmig, und oben ist sie offen, so dass das in dem Becher liegende Protoplasma nach oben zu nirgends von ihr bedeckt wird, und Brettauer und Steinach haben gezeigt, dass unser Saum aus einem System von äusserst kleinen, stäbchenförmigen Gebilden besteht, welche unmittelbar auf das Protoplasma aufgepflanzt oder in das Protoplasma eingepflanzt sind und demselben wie die Haare einer Bürste aufsitzen. Man kann sich davon am besten überzeugen, wenn man dergleichen Zellen in einer verdünnten Lösung von chromsaurem Kali oder von phosphorsaurem Natron macerirt. Da geht das Protoplasma bei einer grossen Anzahl von Zellen aus der becherförmigen Hülle heraus: man sieht die becherförmige leere Hülle daneben liegen, und

Fig. 40.





a b c

sieht das rundlich aufgequollene oder unregelmässige Protoplasma, auf dem an einer Seite die kleinen Stäbchen aufsitzen. Fig. 40 zeigt in *a* zwei unversehrte Cylinderzellen mit den Stäbchen, *b* zeigt den ausgetretenen Protoplasmaleib, wiederum mit den Stäbchen, und *c* die leere becherförmige Hülle, die Zellmembran. Dieser Saum, oder wie wir es jetzt nennen wollen, dieses Stäbchenorgan scheint eine sehr grosse Verbreitung im Thierreiche zu haben. Man findet es nicht nur bei den Wirbelthieren, man kennt es schon bei den Insecten, und man kennt es auch bei Ascaris lumbricoides, welcher sogar das schönste Object für die Untersuchung bietet, weil die Stäbchen ausserordentlich viel grösser und länger sind als beim Menschen. Bei den Wirbelthieren gehören sie mit zu den schwierigsten Objecten der mikroskopischen Untersuchung. Brettauer und Steinach haben bemerkt, dass bei Thieren, welche gefastet haben, der Saum breiter ist, und die Streifen deutlicher sind, dass dagegen bei Thieren, welche gefüttert worden sind, bei Thieren, die sich in der Resorption befinden, der Saum schmäler ist und die Strichelung desselben undeutlicher. Man kann dies vielleicht so erklären, dass sich, wenn die Resorption im Gange ist, die einzelnen Stäbchen verkürzen und dabei dicker werden. Die Folge davon muss sein, dass der Saum schmäler, und zweitens, dass die Strichelung weniger deutlich wird, weil sich dann die einzelnen Stäbchen aneinanderdrängen, während umgekehrt, wenn sie länger und dünner werden, die Strichelung deutlicher werden muss, und zugleich der Saum breiter.

Man lässt gewöhnlich auf das Cylinderepithel der Zotten eine sogenannte Grundmembran, oder wie sie von den Engländern, die sie zuerst beschrieben, genannt wird, eine basement membrane folgen. Es ist jedoch dieselbe auf den Zotten niemals isolirt worden, sondern nur an den Lieberkühn'schen Krypten, und man lässt sie, da man nicht sagen kann, dass sie am Grunde der Zotten aufhöre, sich auch über diese erstrecken. Unter dem Epithel, beziehungsweise unter der hypothetischen Grundmembran, liegt das mantelartig gebildete Capillargefässnetz der Zotten. In jede Zotte geht eine kleine Arterie hinein, welche bereits in der unteren Hälfte capillar zerfällt und das mantelartige Capillarnetz bildet, aus dem sich im oberen Theile der Zotte eine Vene entwickelt, die, jedesmal nach innen von den Capillargefässen liegend, in der Zotte herabläuft. Es können dieser Arterien und Venen auch mehrere sein. Die Zotten sind nämlich bei verschiedenen Thieren und an verschiedenen Orten bald faden- oder fingerförmig, bald keulenförmig, bald zungenförmig, bald flach und blattförmig, und in diese breiteren, blattförmigen Zotten geht nicht nur eine Arterie hinein und eine Vene heraus, sondern mehrere. Die Zotten des Menschen dagegen sind im Allgemeinen nicht breit und nur mässig abgeplattet, so dass in der Regel nur eine Arterie hineingeht und eine Vene wieder herauskommt. Die in einzelnen Büchern gemachte Angabe, dass die Arterie in der Zotte hinauflaufe, sich oben in das Capillargefässnetz vertheile, und dass sich aus diesem Capillarnetz an der Wurzel der Zotte die Vene sammle, rührt von einer Verwechslung von Venen und Arterien her. Nach innen von dem Capillarnetz und in den Maschen der Capillargefässe liegt das eigentliche Zottenparenchym. Man bezeichnet es gewöhnlich mit dem Namen des Bindegewebes, so wie man auch das Stroma der eigentlichen Schleimhaut mit dem Namen

des Bindegewebes bezeichnet. Es ist aber ein eigenthümliches Gewebe, welches wir später bei der Resorption genauer werden kennen lernen. In diesem Stroma liegen glatte Muskelfasern, welche nicht einen zusammenhängenden Mantel bilden, sondern einzelne Bündel oder Stränge, welche die Zotte hinauflaufen. In der Axe der Zotte befindet sich ein Hohlraum, der sogenannte innere Zottenraum, in welchem, wie wir später sehen werden, sich der Chylus zuerst ansammelt, welcher also in dieser Beziehung als der Anfang des Chylusgefässsystems bezeichnet werden kann. Eine selbstständige Wand lässt sich an demselben noch nicht unterscheiden. Er erscheint auf Durchschnitten wie ein direct im Zottenparenchym gegrabener Hohlraum. Wenn er mit salpetersaurem Silber ausgespritzt und das Object belichtet wird, erscheinen indessen an seinen Wandungen Zeichnungen, wie man sie jetzt allgemein als Endothelzeichnungen benennt.

Die Einsenkungen unter das Niveau der Schleimhaut sind die Lieberkühn'schen Krypten. Sie sind kleine handschuhfingerförmige oder, da sie im Verhältnisse zur Dicke nicht so lang sind wie ein Handschuhfinger, beutelförmige oder sackförmige Vertiefungen, in welche das Cylinderepithel der Schleimhaut hinabgeht. Hier kann man unter dem Cylinderepithel eine eigene basement membrane, eine Grundmembran nachweisen. Wenn man eine Zotte mit einer sehr kleinen Pincette anfasst — was namentlich bei den grossen blattförmigen Zotten grösserer Vögel, z. B. der Hühner, sehr gut geht — und sie herausreisst, so reisst man von den umstehenden Lieberkühn'schen Krypten das Epithel und die Grundmembran mit heraus, so dass, wenn man das Ganze bei schwächerer und dann bei stärkerer Vergrösserung ansieht, man bemerkt, dass an der Basis der Zotten Beutelchen aus einer glashellen Membran hängen, die mit einem Cylinderepithel ausgekleidet sind, und die nichts Anderes sind als ausgerissene Lieberkühn'sche Krypten.

Auf die Grundmembran folgt wiederum das eigentliche Gewebe der Schleimhaut, von welchem wir bei der Lehre von der Resorption näher sprechen werden, und darunter folgt das Muskellager der Schleimhaut, welches die letztere vom submucösen Bindegewebe trennt. Dieses ist hier schon vollständig in zwei Lager gesondert, in ein inneres stärkeres Ringmuskellager und in ein äusseres dünneres Längsmuskellager. Die Elemente desselben gleichen denen in den Zotten, mit welchen sie auch in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Sie unterscheiden sich von denen im subperitonäalen Muskellager des Darmes dadurch, dass sie kleiner, namentlich kürzer sind als diese. Hierauf folgt das submucöse Bindegewebe, die Tunica nervea seu vasculosa der Alten, in der die grösseren Gefässe verlaufen, sowohl Blutgefässe als Chylusgefässe, dann folgt das Ringmuskellager, dann das Längsmuskellager des Dünndarms und endlich der Peritonäalüberzug, wo er vorhanden ist. Ueber die Blutgefässe des Darmes ist weiter nichts Besonderes zu bemerken, als dass ihre Capillaren in den verschiedenen Lagern sich vertheilen, endlich die Arterien mit ihren Endästen das submucöse Muskellager durchbohren, die Gefässe in die Zotten hineinschicken und ausserdem Capillaren bilden, welche zwischen den Lieberkühn'schen Krypten in die Höhe gehen und die Mündungen derselben mit zierlichen Gefässkränzen umspinnen, aus denen dann wieder kleine Venen das Blut abführen, die in grössere

einmünden, welche dann das submucöse Muskellager durchbohren und als Venen der Tunica nervea seu vasculosa weiter gehen. An Nerven ist die Darmwand ausserordentlich reich, aber man kennt nirgendwo ihre Endigungen. Man weiss nur, dass zwei grosse Plexus vorhanden sind, der Meissner'sche Plexus und der Auerbach'sche Plexus oder plexus myentericus, von denen der eine im submucösen Bindegewebe, der andere in der Muskelhaut liegt, reiche Plexus mit zahlreichen mikroskopischen Ganglien, die aus einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Ganglienzellen bestehen, die wiederum ihrerseits kleiner sind als die Ganglienkugeln in den grösseren Ganglien.

Im Duodenum liegt ausser den Lieberkühn'schen Krypten noch eine eigene Art von Drüsen, die Glandulae Brunnerianae oder Brunnianae. Sie sind den Schleimdrüsen sehr ähnlich und wurden früher gleichfalls für acinöse Drüsen gehalten, bis Ant. Schlemmer nachwies, dass sie tubulöse Drüsen seien. Sie liegen in dichter Schicht, bei manchen Thieren noch viel dichter gestellt als beim Menschen, im submucösen Bindegewebe, und durchbohren mit ihren Ausführungsgängen die Schleimhaut. Ueber ihr Secret wissen wir bis jetzt nichts, weil wir niemals im Stande gewesen sind, dasselbe im isolirten Zustande aufzufangen. Lieberkühn'sche Krypten und Brunner'sche Drüsen sind die einzigen secernirenden Drüsen, welche in der Wand des Dünndarmes vorkommen; alle übrigen Drüsen, welche hier sonst noch gefunden werden, sind periphere Lymphdrüsen. Sie werden eingetheilt in die Glandulae solitariae und in Glandulae agminatae seu Peyerianae. Die Glandulae solitariae, welche, wie wir gesehen haben, schon unter dem Namen der Glandulae lenticulares in der Magenwand vorkommen, sind durch den ganzen Dünndarm zerstreut. Die Haufen solcher Drüsen dagegen, die Glandulae agminatae, befinden sich, wie Sie wissen, nur im unteren Theile des Ileums, der Insertion des Mesenteriums gegenüber, und führen den Namen der Peyer'schen Plaques. Jede Solitärdrüse besteht aus einem eiförmigen Drüsenkörper, welcher seiner Hauptmasse nach im submucösen Bindegewebe liegt, sich aber mit seiner spitzeren Kuppe durch das submucöse Muskellager hindurchschiebt. Diese Kuppe liegt zwischen den Darmzotten und ist überzogen von dem Cylinderepithel des Darms. Der Drüsenkörper selbst ist ein Keimlager, bestehend aus einem Stroma und aus Zellenkeimen, ganz in ähnlicher Weise, wie wir sie in der Corticalsubstanz der Lymphdrüsen kennen gelernt haben. Es gehen auch von aussen Gefässe hinein, so zwar, dass aussen die grösseren Gefässe, die Arterien und Venen liegen, und Capillarschlingen von aussen nach innen gegen die Mitte hinsenden. Nach aussen davon liegt ein becherförmiger Sinus, der in der Mitte in ziemlich grosser Ausdehnung durchbrochen ist. Er umfasst den Drüsenkörper, wie eine Eichel von ihrem Kelche umfasst wird. Dieser Sinus communicirt, wie wir später sehen werden, mit den Chylusgefässen.

Wenn Sie sich einmal eine deutliche Anschauung von einer solchen Solitärdrüse verschafft haben, so ist es nicht schwer, sich auch im Baue der Peyer'schen Drüsen zurecht zu finden. Sie haben sich nur eine grosse Menge Solitärdrüsen aneinandergereiht zu denken. Beim Menschen sind sie so nahe aneinandergerückt, dass sie sich berühren, dass sie durch Brücken mit einander verbunden sind, ja manchmal in einiger

Ausdehnung förmlich mit einander confluiren. In Folge davon können natürlich die Synus auch nicht einzeln bleiben, sondern dieselben bilden auf der dem Peritonäum zugewendeten Seite ein Netzwerk mit sechseckigen Maschen, in welches Sie sich die unteren breiteren Seiten der Drüsenkörper hineingesenkt denken müssen.

Der Dickdarm unterscheidet sich in seinem Baue vom Dünndarme zunächst dadurch, dass hier keine Zotten vorhanden sind, keine Hervorragungen über das Niveau der Schleimhaut, sondern nur Einsenkungen unter das Niveau derselben. Diese Einsenkungen sind wiederum die Lieberkühn'schen Krypten, und hier sind sie mehr handschuhfingerförmig, das heisst, sie sind tiefer, länger als sie im Dünndarme sind. Darunter geht das submucöse Muskellager und das submucöse Bindegewebe hin; dann folgen die Muskelhäute, von denen die Längsmuskelhaut nicht dem ganzen Dickdarm einen vollständigen Ueberzug gibt, sondern in bandartige Streifen, die sogenannten Tänien, welche das Kolon entlang laufen, gesammelt ist. Nach aussen davon folgt der Peritonäalüberzug. Secernirende Drüsen kommen im Dickdarm ausser den Lieberkühn'schen Drüsen nicht vor, wohl aber periphere Lymphdrüsen, welche hier von Ludwig Böhm unter dem Namen der Glandulae simplices majores beschrieben wurden, im Gegensatze zu den Lieberkühn'schen Krypten, welche er als Glandulae simplices minores bezeichnete. Die peripheren Lymphdrüsen des Dickdarmes sind auch vielfach unter dem Namen der Schleimfollikel beschrieben worden, indem man sie für balgförmige Drüsen hielt, welche Schleim absondern. Das hängt folgendermassen zusammen. Jede dieser Drüsen liegt im submucösen Bindegewebe und schiebt, wie wir gesehen haben, ihre Kuppe durch das submucöse Muskellager hindurch. Die Kuppe ragt aber nicht sehr hoch empor; dagegen ist aber die Schleimhaut, von der sich nur das Cylinderepithel über die Kuppe fortsetzt, im Dickdarm verhältnissmässig dick, und die Lieberkühn'schen Krypten sind verhältnissmässig hoch. So geschieht es, dass die Kuppen dieser Drüsen, wie sie von den in der Schleimhaut liegenden Krypten umstanden werden, in Gruben liegen. Diese Gruben füllen sich mit dem Schleime, der sich an der ganzen inneren Oberfläche des Dickdarmes befindet, und wenn man einen Druck auf sie ausübt, so treten Schleimklümpchen hervor. Daher glaubte man, dass dies balgförmige Drüsen seien, welche Schleim secerniren.

Die Leber.

Wenn der Speisebrei in den Dünndarm hineinkommt, so wird ihm zunächst das Secret zweier grosser Drüsen zugemischt, welche nicht in der Wand des Darmkanals liegen, das Secret der Leber und das des Pankreas. Wir wollen uns zuerst mit der Leber und mit dem Secrete derselben, mit der Galle beschäftigen, und wollen die Einwirkung studiren, die dieselbe auf den Speisebrei ausübt, und dann zum Pankreassafte übergehen.

Sie finden in den Büchern nicht selten die Angabe, dass die Leber eine acinöse Drüse sei. Diese Angabe ist aber nach den Vorstellungen, die man jetzt mit einem Acinus, einem beerenförmigen Secretionselemente,

indet, durchaus unrichtig. Diese Angabe hatte nur so lange einen , als man unter Acinus noch jedes Läppchen verstand, das irgend mit einem Ausführungsgange in Verbindung stand, als man noch die wirklich mikroskopischen Elemente der Drüsen kannte, sondern liejenigen, welche man durch die Lupe wahrnimmt. Diese angeblichen i waren nichts anderes als, wenn ich mich so ausdrücken darf, die allebern, welche man als kleine von rothen Linien abgegrenzte gelb- Felder auf der Oberfläche vieler Lebern mit blossem Auge oder mit upe sehen kann. Diese Felder sind dadurch abgegrenzt, dass zwischen die Aeste der Pfortader, die Aeste der Arteria hepatica, und die nkanälchen verlaufen. Man nennt deshalb diese Gefässe auch die interlobularia, indem man heutzutage eine solche Partialleber nicht als einen Acinus, sondern als einen Lobulus der Leber bezeichnet. g sieht man in der Mitte dieses Lobulus noch ein rothes Pünktchen: st das Blutgefäss, welches das Blut abführt, das dem Leberläppchen die Pfortader und durch die Leberarterie zugeführt worden ist. nd diese Pünktchen die Venae intralobulares, die Endäste der Leber- i. Jede der Partiallebern besteht nun der Hauptmasse nach aus den zellen, aus den Secretionszellen der Leber. Sie enthält ausserdem 'apillarnetz, aus dessen Blut die Galle abgesondert wird, und ent- die ersten Anfänge der Gallenkanäle. Die Capillargefässe bilden in ler Richtung verlängerte Maschen, welche sich von den Vasa inter- ria zu den Vasa intralobularia hinüberspinnen, und auf diese Weise ganzen Lobulus durchsetzen. Ihre Zwischenräume sind von den zellen ausgefüllt. Die Leberzellen sind polyedrisch gegen einander lattet, haben einen oder mehrere Kerne und ein körniges Proto- a. Zwischen ihnen liegen die Anfänge der Gallenkanäle, ausser- tlich kleine, enge, wandlose Kanäle, viel enger als die Blutcapillaren. glaubte früher von ihnen, dass sie auf den Kanten der Leberzellen fen. E. Hering hat aber nachgewiesen, dass sie durch je zwei innen gebildet werden, die auf den Flächen der Leberzellen hin- i. Sie bilden auf diese Weise ein zusammenhängendes Netzwerk, es, sich zwischen den Maschen der Blutgefässe hindurchschiebend, den ganzen Lobulus hindurchgeht. Leichter verständlich ist dieses ltniss an den Lebern der niederen Wirbelthiere. Hering hat ntlich die Schlangenleber untersucht und gefunden, dass die Anfänge allenkanälchen Tubuli sind, gebildet von den Leberzellen, wie der us einer tubulösen Drüse von dem secernierenden Epithel, von den mzellen gebildet wird. Die Schlangenleber ist also als eine tubu- Drüse zu betrachten. Um nun den Uebergang zu finden von einer n Leber zu der Leber der Säugethiere und des Menschen, muss sich vorstellen, dass die Zahl der Zellen, welche den Tubulus i, für jeden Querschnitt auf zwei reducirt ist; aber während bei der ngenleber jede Zelle nur an der Bildung eines Gallenkanälchens nimmt, betheiligen sich hier die Zellen gleichzeitig an der Bil- von mehreren Gallenkanälen; denn die Gallenkanäle liegen überall hen den gegeneinandergewendeten Flächen der Leberzellen; aber egen niemals zwischen einer Leberzelle und einem Blutcapillar- e und verlaufen auch niemals so, dass sie etwa mit einem blinden auf ein Blutgefäss aufstiessen, sondern stets so, dass sie in ihrer

ganzen Ausdehnung von der Substanz der Leberzellen begrenzt sind und überall geschlossene Maschen, niemals blinde Enden bilden.

Aus dem dichten Netzwerke, welches in dieser Weise gebildet wird, sammeln sich an der Oberfläche des Lobulus grössere Gallengefässe, welche mit einem flachen Epithel ausgekleidet sind, und welche an der Grenze des Lobulus eine bindegewebige Wand bekommen. Dies sind die Anfänge der interlobulär verlaufenden Gallenkanälchen. Sie setzen sich baumförmig zusammen, das Epithel wird immer höher, es wird ein Cylinderepithel, und die bindegewebige Wand wird immer dicker, es treten organische Muskelfasern in derselben auf, die sich zu einer Schicht formiren, welche sich bis an die Einmündung des Gallenganges in den Darm und andererseits auch auf die Gallenblase fortsetzt. Die grossen Gallenkanäle sind in ein ziemlich dickes Lager von Bindegewebe eingebettet. Dieses Bindegewebe setzt sich zwischen die Lobuli fort und dringt auch in dieselben ein. Nach den Untersuchungen von v. Fleischl umfasst es mit seinen letzten Ausläufern selbst die einzelnen Leberzellen theilweise. Es ist dasselbe Bindegewebe, in welchem auch die Blutgefässe verlaufen, und welches die Partiallebern mehr oder weniger vollständig, beim Menschen sehr unvollständig, von einander trennt. Beim Schweine, beim Eisbären und bei manchen anderen Thieren ist dieses Bindegewebe viel reichlicher und schliesst deshalb die Partiallebern in besondere Kapseln ein. Das ist aber beim Menschen nicht der Fall, beim Menschen ist es nur spärlich vorhanden, so dass die einzelnen Partiallebern unmittelbar miteinander zusammenstossen, in ziemlicher Ausdehnung mit einander communiciren und auch durch ihre Blutgefässe überall in Verbindung stehen. In diesem Bindegewebe nun, da wo es die grossen Gallenkanäle umgibt, liegen Schleimdrüsen, welche ihr Secret in die Gallgänge hinein ergiessen und der Galle beimischen. Diese Schleimdrüsen sind tubulöse Drüsen, wie alle Schleimdrüsen, welche wir bisher betrachtet haben, aber ihre Tubuli sind im Allgemeinen weniger aufgeknäuelt, sie sind mehr entwickelt und verlaufen darum häufig als lange gewundene Kanäle neben den Gallengängen in dem umgebenden Bindegewebe hin. Sie haben einmal zu einem seltsamen Irrthume Veranlassung gegeben, indem man sie für die eigentlichen Anfänge der Gallenkanäle gehalten hat, da sie sich begreiflicher Weise mit Masse injiciren, wenn man solche vom Ductus hepaticus aus einspritzt.

Ausserdem sind noch die sogenannten Vasa aberrantia hepatis im Ligamentum triangulare sinistrum, in der Fossa longitudinalis sinistra, ferner am Fundus der Gallenblase und hinter derselben, zu erwähnen. Sie sind bei Injectionen der Gallengänge als lange schlauchartige Gebilde, welche im Bindegewebe verliefen, gefunden worden. Sie sind zuerst von E. H. Weber unter dem Namen der Vasa aberrantia hepatis beschrieben und seitdem mehrmals untersucht worden. Nach den Untersuchungen von Toldt und Zuckerkandl entstehen sie dadurch, dass während des Wachsthums der Leber auch Lebergewebe schwindet, die Leberzellen und feinen Gallengänge vergehen und die gröberen Gallengänge nun als Vasa aberrantia zurückbleiben.

Das Leberglycogen.

Die Leberzellen enthalten einen eigenen Stoff, welcher für den ganzen Stoffwechsel von hoher Wichtigkeit ist, und dessen wir schon früher erwähnt haben, das Glycogen. Es wurde gleichzeitig von Bernard und Hensen in der Leber entdeckt und ist seitdem im Körper auch an andern Orten gefunden worden, bei Erwachsenen namentlich in den Muskeln, nicht nur in den Skeletmuskeln, sondern auch in den glatten Muskelfasern, also in allen Organen, in welchen Muskelfasern vorkommen. Im Blute dagegen finden sich nur geringe Mengen eines sich mit Jod rothfärbenden Körpers, von dem man noch immer zweifelhaft sein kann, ob es Glycogen ist, was allerdings nicht unwahrscheinlich, oder ob es direct resorbirtes Erythrodextrin ist. Das Glycogen ist ferner von Bernard in der Placenta gefunden worden. Es kommt ausserdem in den Geweben des Fötus in viel grösserer Menge vor als in den Geweben des Erwachsenen: erstens enthalten die Muskeln des Fötus davon viel mehr, und zweitens kommt es auch im Lungengewebe in bedeutender Menge vor. Die Lunge von Schafembryonen, die 15 Centimeter lang waren, enthielt nach M'Donnell über 50% ihrer trockenen Substanz Glycogen. Endlich kommt es auch in den Hufen und Klauen der Embryonen vor. Hier soll es zunehmen, bis der Schafembryo eine Länge von 9 Centimeter hat; dann soll es später wiederum abnehmen, gerade so, wie später das Glycogen auch im Lungengewebe abnimmt.

Die beste Quelle, um sich das Glycogen im reinen Zustande zu verschaffen, ist noch immer die Leber. Möglichst rasch nach dem Tode, weil später sich das Glycogen in Zucker umsetzt, entfernt man die Leber aus dem Thierkörper, schneidet sie sofort in Stücke, wirft sie in siedendes Wasser und kocht sie auf. Nachdem sie einmal durchgekocht ist, nimmt man sie heraus, zerreibt sie in einem Mörser, thut sie wieder ins Wasser und kocht sie nun längere Zeit. Dann nimmt man das Gefäss vom Feuer und giesst die Brühe vorsichtig ab. Die Brühe ist milchig getrübt. Man giesst noch einmal Wasser auf, kocht wieder, und wenn auch die zweite Flüssigkeit noch milchig getrübt ist, so dass sich noch eine Ausbeute erwarten lässt, vereinigt man diese zweite Flüssigkeit mit der zuerst abgegossenen, kühlt aus und, nachdem man ausgekühlt hat, was zur Beschleunigung am besten mit eiskaltem Wasser oder mit Schnee geschieht, fällt man, indem man abwechselnd verdünnte Salzsäure und eine Lösung von Jodquecksilberkalium hinzusetzt. Diese Lösung von Jodquecksilberkalium bereitet man sich, indem man eine Jodkaliumlösung mit Sublimatlösung fällt, den Niederschlag auswäscht und dann davon so lange in eine heisse Jodkaliumlösung einträgt, als er sich darin noch auflöst. Da das Jodquecksilber in der kalten Jodkaliumlösung weniger löslich ist, als in der heissen, so muss sich beim Erkalten wieder ein rother krystallinischer Niederschlag ausscheiden. Die so erhaltene Flüssigkeit ist das Reagens, mittelst dessen man aus der mit Chlorwasserstoffsäure angesäuerten Flüssigkeit die darin enthaltenen Eiweisskörper und andere durch Alkohol fällbare stickstoffhaltige Substanzen ausfällt. Man bekommt einen reichlichen, sehr compacten, sich stark zusammenziehenden Niederschlag, der sich gut absetzt, und von diesem filtrirt man die

Flüssigkeit ab. Nun setzt man so viel Alkohol hinzu, dass das Glycogen sich reichlich ausscheidet, nicht mehr, weil man durch den Ueberschuss kein Glycogen mehr bekommen würde und durch Vermehrung des Alkohols noch Salze, die im verdünnten Alkohol löslich waren, ausgefällt werden könnten. Man filtrirt vom Glycogen ab und wäscht dasselbe erst mit Alkohol von 61 Volumprocent, dann mit solchem von 95 Volumprocent. Das letztere geschieht deshalb, weil erfahrungsgemäss Glycogen, das nur mit schwachem Alkohol ausgewaschen ist, auf dem Filtrum gummiartig zusammenbackt, während das Glycogen, welches mit starkem Alkohol ausgewaschen und dadurch mehr entwässert worden ist, hinterher auf dem Filtrum in Pulverform bleibt und sich leicht von demselben herunternehmen lässt. Das so erhaltene Glycogen löst man noch einmal auf und fällt es mit Alkohol, dem man eine sehr kleine Menge von Ammoniak hinzugefügt hat. Man wäscht es wiederum aus, löst es nochmals auf und fällt es wieder mit Alkohol, dem man eine kleine Quantität Eisessig zugesetzt hat, filtrirt wieder ab und wäscht es wiederum erst mit schwachem und dann mit starkem Alkohol aus. Man kann, wenn man jedesmal mit Alkohol exact ausfällt und von vorne herein mit etwas stärkerem Alkohol auswäscht, dieses Auflösen und dieses Wiederausfällen beliebig oft ohne Verlust wiederholen, weil das Glycogen an und für sich im Wasser eigentlich nicht löslich ist, sondern nur darin aufquillt. Es hat noch Niemand eine klare Glycogenlösung gesehen. Alle Glycogenlösungen sind opalisirend, und wenn sie concentrirter sind, sogar milchig getrübt. Wenn man mittelst einer Linse ein Bündel Sonnenstrahlen durch eine solche opalisirende Glycogenlösung hindurchgehen lässt, und mittelst einer Turmalinplatte oder eines Nicol'schen Prismas das von innen her zerstreute Licht untersucht, so findet man, dass es polarisirt ist. Es zeigt sich also, dass kleine feste Körper in der Flüssigkeit sind, welche das Licht zerstreuen, und, da selbst die reinste Glycogenlösung diese Erscheinung gibt, so hat man ein Recht zu schliessen, dass diese Körper nichts Anderes sind, als die aufgequollenen Theilchen des Glycogens selbst, welche wiederum verschrumpfen, wenn man Alkohol hinzufügt, und wieder aufquellen und sich scheinbar lösen, wenn man den Alkohol abfiltrirt und wiederum Wasser hinzufügt.

Das auf die beschriebene Weise erhaltene Glycogen verbrennt auf dem Platinblech ohne Rückstand, es erweist sich als völlig stickstofffrei, gibt weder beim Glühen mit Natronkalk Ammoniak, noch gibt es Berlinerblau, wenn man versucht, mittelst Natrium und Eisenchlorid solches daraus zu bilden. Es färbt sich, wie schon erwähnt, mit Jodtinctur roth, und zwar ist die Farbe am schönsten roth, wenn das Glycogen noch nicht getrocknet gewesen ist. Schon getrocknetes und aufbewahrtes oder unreines Glycogen färbt sich mehr bräunlich, und das geschieht auch, wenn man zu reinem und frischem Glycogen Jod im Ueberschusse hinzusetzt. Man bedient sich zur Reaction am besten einer Jodlösung, welche man sich dadurch bereitet, dass man Jod in Wasser einträgt, welches darin bekanntlich sehr wenig löslich ist, und nun nur so viel von einer Jodkaliumlösung hinzusetzt, dass sich beim anhaltenden Schütteln die Flüssigkeit weingelb färbt. Die von M. Abeles analysirte Bariumverbindung des Glycogens ergab die Zusammensetzung $C_{18} H_{30} O_{16} Ba_1$.

M. Abeles hat auch eine andere Methode angegeben, um das Glycogen rein darzustellen. Er fällt das Eiweiss, statt mit Jodquecksilberkalium, mit einer Chlorzinklösung und kocht falls im Filtrat beim Erhitzen auf 100⁰ noch eine Trübung entsteht. Ein noch anderes Verfahren schlägt Ad. Landwehr ein. Er beseitigt die Eiweisskörper durch Sieden mit essigsaurem Zink. Dann fällt er mittelst Eisenchlorid, eine Verbindung von Glycogen mit Eisenoxyd, sammelt sie auf dem Filtrum, zerlegt sie mittelst Salzsäure und fällt dann das Glycogen, indem er das Ganze in das dreifache Volumen von 96procentigem Alkohol giesst.

Wenn man das Glycogen bestimmen will, so zerkocht man das betreffende Organ in verdünnter Kalilösung; hierauf säuert man mit Salzsäure an, fällt mit Jodquecksilberkalium, filtrirt ab und wäscht den Niederschlag mit Wasser aus, dem Salzsäure und Jodquecksilberkalium zugesetzt sind. Man vereinigt das Waschwasser mit dem Filtrat, man fällt mit Alkohol, wäscht erst mit schwächerem, dann mit stärkerem Weingeist und verfährt nun ganz so, wie ich es früher bei der Reindarstellung des Glycogen beschrieben habe. Zuletzt sammelt man das Glycogen auf einem gewogenen Filter und wägt es. Wenn man aber das Organ vorher mit Kali zerkocht hat, so hat man nun das Glycogen nicht aschenfrei gewonnen, es enthält immer eine kleine Menge von Aschenbestandtheilen, welche mitgewogen werden. Um ein genaues Resultat zu haben, muss man deshalb einäschern und das Gewicht der Asche, welche man bekommt, von dem gefundenen Gewichte abziehen. Das Zerkochen mit Kali ist nicht bei allen Organen unbedingt nothwendig. Bei den Muskeln muss man es allerdings thun, weil sie das Glycogen schwer hergeben, bei der Leber aber, welche sich im Wasser zerkochen und dann leicht zerreiben lässt, kann man auch durch das Zerkochen mit blossem Wasser alles Glycogen, das darin enthalten ist, im aschenfreien Zustande gewinnen und dessen Gewicht direct bestimmen. Wo man sonst mit Kali zerkochte, zieht Rud. Boehm dreimal mit heissem Wasser aus und zerkocht dann im Digestor, um den Rest des Glycogens zu gewinnen.

Was wird aus dem Glycogen? Wozu dient es und woher kommt es? Die ursprüngliche Ansicht von Bernard war die, dass das Glycogen in der Leber, und zwar mittelst eines Fermentes, welches ihm durch das Pfortaderblut zugeführt wird, in Zucker umgewandelt werde. Er stützte sich darauf, dass er in dem Blute der Lebervenen mehr Zucker gefunden hatte als in dem der Pfortader. Dieser Zucker sollte dann weiter zersetzt werden, der Oxydation unterliegen u. s. w. Da trat Pavy auf und läugnete auf Grund seiner Untersuchungen erstens, dass in dem Blute der Lebervenen mehr Zucker enthalten sei, als in dem der Pfortader, zweitens dass in der Leber des ganz frischgetödteten Thieres überhaupt Zucker enthalten sei, und in Folge davon leugnete er auch, dass sich das Glycogen der Leber im Leben normaler Weise in Zucker umsetze. Es hat sich bei späteren Versuchen herausgestellt, dass der Unterschied im Zuckergehalte des Blutes der Pfortader und des Lebervenenblutes, wenn er auch vielleicht existirt, doch so gering ist, dass er sich nicht mit Sicherheit feststellen lässt. Andererseits hat es sich aber bei Versuchen, welche Tscherinoff im hiesigen Laboratorium angestellt hat, auch gezeigt, dass die Leber des ganz frisch getödteten Thieres, ja dass

die Leber, welche dem sterbenden Thiere aus dem Leibe gerissen wird nicht zuckerfrei ist, dass sie bereits Zucker, wenn auch in sehr geringer Quantität enthält, und in viel geringerer Quantität als kurze Zeit nachher. Es kann also immer noch nichts Wesentliches eingewendet werden gegen die ursprüngliche Anschauung von Bernard, dass das Glycogen der Leber in Zucker umgesetzt werde und dieser in den Kreislauf gelange. Es muss nur gesagt werden, dass Bernard sich vielleicht die Menge von Glycogen, welche in der Zeiteinheit in Zucker umgesetzt wird, grösser gedacht hat als sie thatsächlich ist, und dass, wie es namentlich nach den Untersuchungen von v. Wittich und von Tiegel scheint, dieses Ferment, welches er im Pfortaderblute suchte, im Blute überhaupt vorkommt, indem das Blut im Allgemeinen die Eigenschaft hat, Glycogen in Zucker umzusetzen. Es muss auch hinzugefügt werden, dass nach Seegen nicht aller in der Leber postmortal gebildeter Zucker von Glycogen abzustammen braucht. Nach Seegen's Untersuchungen wird in der Leber auch aus den Verdauungsproducten der Eiweisskörper Zucker gebildet.

Die zweite Frage war die: Wo kommt denn das Glycogen her? Bernard, welcher von der Idee ausging, dass sich das Glycogen in Zucker umsetze, konnte es nicht wahrscheinlich finden, dass es aus Zucker entstehe. Denn es wäre doch eine sonderbare Art der Metamorphose, wenn der Zucker, den wir entweder in Substanz geniessen oder aus der Stärke bereiten, sich in der Leber in Glycogen verwandeln würde, um sich nachher wieder in Zucker umzuwandeln, und dann wieder in den Kreislauf zu gelangen. Er war deshalb der Meinung, dass das Glycogen in der Leber durch einen Spaltungsprocess der Eiweisskörper entstände, bei dem einerseits Bestandtheile der Galle, andererseits Glycogen gebildet würde, und dass sich dieses Glycogen, wie gesagt, später in Zucker umsetze. Er wurde in dieser Idee dadurch bestärkt, dass ein Fuchs, welcher ausschliesslich mit Fleisch gefüttert worden war, in seiner Leber nicht unbeträchtliche Mengen von Glycogen hatte. Das würde für uns kaum mehr ein Grund sein, seit wir jetzt aus den Untersuchungen von O. Nasse wissen, dass die Muskeln auch der erwachsenen Thiere eine nicht unbeträchtliche Menge von Glycogen enthalten, also das Glycogen in Substanz mit dem Muskelfleisch in den Fuchs hineingekommen sein konnte. Pavy vertheidigte in seiner schon erwähnten Arbeit eine ganz andere Vorstellung. Er sagte: Alles Glykogen entsteht aus Kohlehydraten, denn, wenn man Thiere mit Kohlehydraten füttert, mit Stärke oder auch mit Zucker, so bedingt dies immer eine rasche Zunahme des Glycogens in der Leber, während, wenn man ihnen alle Kohlehydrate entzieht, in drei, vier Tagen die Leber schon ganz oder nahezu frei von Glycogen ist. Seine Versuche sind hier im Laboratorium von Tscherinoff wiederholt worden, und sie haben sich vollständig bestätigt, aber die Schlüsse, welche daraus gezogen worden sind, sind nicht vollkommen berechtigt. Man kann sich vorstellen, dass in der Leber fortwährend Glycogen gebildet werde aus den Eiweisssubstanzen oder aus irgend welchen anderen nicht näher zu bezeichnenden Materialien, dass dieses Glycogen verbraucht werde, wenn keine andern Kohlehydrate in die Blutmasse hineinkommen, dass aber, wenn wir reichlich Kohlehydrate geniessen, und also auf anderem Wege Kohlehydrate oder deren Zersetzungsproducte in das Blut gelangen, das Glycogen in der Leber

geschont und deshalb angehäuft werde. Pavy's Ansicht und diese letztere stehen sich noch heute unvermittelt einander entgegen. Für die letztere kann geltend gemacht werden, dass Glycerin, wie Sigmund Weiss im hiesigen Laboratorium nachwies, in ähnlicher Weise wie Kohlehydrate, wie Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker, das Leberglycogen rasch vermehrt, obgleich es doch nach den Versuchen von Scheremetjewski sehr schnell im Organismus zerstört wird, ferner, dass man in Hungerthieren, bei denen voraussichtlich das Leberglycogen geschwunden war, solches fand, nachdem sie mit Leim oder leimgebenden Substanzen gefüttert waren; endlich die von C. Aeby beobachtete Thatsache, dass bei Winterschläfern während des Winterschlafes Glycogen in der Leber gebildet, beziehungsweise abgelagert wird. Für die Ansicht von Pavy kann geltend gemacht werden, dass mit Ausnahme des Glycerins alle Substanzen, die das Glycogen rasch vermehren, sich in ihrer rohen Formel vom Glycogen nur durch die Bestandtheile des Wassers unterscheiden, und dass es, abgesehen vom Glycerin, bis jetzt nicht gelungen ist, mit Hilfe anderer leicht oxydabler Substanzen Glycogen in der Leber in ähnlicher Weise anzuhäufen. Andererseits ist es freilich niemals gelungen, Unterschiede am Glycogen nachzuweisen, je nach den Kohlehydraten, welche genossen worden sind; nach der Einfuhr aller, gleichviel ob sie rechts oder links drehen, häuft sich dasselbe rechtsdrehende Glycogen in der Leber an.

Es hat sich, wie erwähnt, bei den Untersuchungen von Pavy, Tscherinoff und Sigmund Weiss gezeigt, dass das Glycogen in der Leber je nach der Fütterung ausserordentlich raschen Schwankungen unterliegt, dass es sehr rasch zunimmt, wenn man mit Kohlehydraten oder mit Glycerin füttert, und dass es sehr rasch abnimmt, wenn man solche Substanzen vollständig aus der Nahrung entfernt, dass es ebenso rasch abnimmt, wie natürlich, wenn man ein Thier hungern lässt. Nun hat andererseits Nasse gezeigt, dass das Glycogen bei der Muskelcontraction verbraucht wird: wenn nun das Glycogen im ganzen Körper, also auch in den Muskeln, eben so rasch schwindet, wie in der Leber, so ist zu erwarten, dass ein Thier, welches keine Kohlehydrate in der Nahrung bekommt, in Rücksicht auf sein Bewegungsvermögen, in Rücksicht auf seine Muskelkraft, sehr bald einen wesentlichen Nachtheil spüren muss, während wir doch aus Erfahrung wissen, dass die Thiere, welche wir längere Zeit unter Entziehung sämmtlicher Kohlehydrate gefüttert hatten, mit ihrem Bewegungsapparate noch ganz gut im Gange waren. Sigmund Weiss hat deshalb die Schwankungen des Muskelglycogens in ähnlicher Weise untersucht, wie früher die Schwankungen des Leberglycogens bei verschiedener Fütterung von Pavy und von Tscherinoff untersucht worden sind, und es hat sich gezeigt, dass das Muskelglycogen, keineswegs so leicht Schwankungen ausgesetzt ist, sondern dass das Muskelglycogen nahezu intact vorhanden ist, während das Leberglycogen schon fast vollständig verbraucht worden ist. Die Leber ist also, wenn ich mich so ausdrücken soll; eine Vorrathskammer, in der bei Ersparung das Glycogen rasch abgelagert wird, und aus der es wieder entnommen und verbraucht wird, wenn kein anderes Material an Kohlehydraten zugeführt wird.



Die Galle.

Wenn man die Galle mit Wasser verdünnt und dann Alkohol hi: zufügt, so entsteht ein reichlicher Niederschlag von Schleim. Es ist di das Secret der Schleimdrüsen, welche in die Gallengänge einmünde. Das, was in Alkohol gelöst bleibt, ist die eigentliche Galle, wie sie i den Anfängen der Gallenkanäle secernirt wird. Sie besteht aus de Natron- und Kalisalzen zweier Säuren, welche man als die Gallensäure bezeichnet, aus Cholesterin und Lecithin. Auch Neurin ist unter den Namen Cholin aus ihr dargestellt. Es ist ungewiss, in wie weit es al solches regelmässiger Gallenbestandtheil ist, und in wie weit es als Zersetzungsproduct des Lecithins entsteht. Endlich enthält die Galle einen oder mehrere stark gefärbte Stoffe, welche man in etwas unpassende Weise mit dem Namen der Gallenfarbstoffe bezeichnet. Man spricht von wesentlichen Bestandtheilen und von Gallenfarbstoffen. Man kann nicht läugnen, dass dies beinahe so aussieht, als ob man sich vorstellte, dass, wie man eine Arznei erst macht und sie hinterher färbt, so auch erst die Galle da gewesen wäre, und diese hinterher mit einem Farbstoffe gefärbt worden sei. Die Stoffe, die wir Farbstoffe nennen, sind nichts Anderes als Bestandtheile des thierischen und pflanzlichen Körpers, welche sich dadurch von den übrigen unterscheiden, dass sie die verschiedenen Strahlen des Sonnenspectrums in sehr ungleicher Weise absorbiren.

Unsere Kenntniss von der Galle gründet sich hauptsächlich auf di Untersuchungen, welche Strecker vor einer Reihe von Jahren über di Ochsengalle angestellt hat. Er fällte die Ochsengalle mit neutralen essigsaurem Blei, trocknete den Niederschlag, welchen er erhielt, un kochte ihn mit Alkohol aus. In die alkoholische, möglichst concentrirt Flüssigkeit leitete er, ohne abzukühlen, Schwefelwasserstoff ein, filtrirt und wusch mit Wasser nach. Nachdem sich die Flüssigkeit beim Nach laufen des Wassers trübte, nahm er sie weg und stellte sie kalt, un nun wurde sie ganz durchsetzt mit einem Systeme von feinen Nadeln Das, was sich hier ausschied, war eine der Gallensäuren, diejenige, welch wir jetzt mit dem Namen der Glycocholsäure bezeichnen. Sie wa durch essigsaures Blei als Bleiverbindung aus der Galle gefällt worden die Bleiverbindung ist im heissen Alkohol löslich, sie war also durc diesen extrahirt worden, es war nachher Schwefelwasserstoff eingeleite worden, um die Bleiverbindung zu zersetzen; er hatte also eine alko holische Lösung der Säure von dem Schwefelblei abfiltrirt. Da dies Säure weniger löslich ist im Wasser als im Alkohol, hatte sich die Lösun beim Nachfliessen des Wassers getrübt, die Säure hatte sich in Krystalle ausgeschieden. Wir nennen diese Säure, wie gesagt, jetzt Glycochol säure, Strecker nannte sie Cholsäure, weil offenbar Gmelin eine lang Reihe von Jahren vorher diese Säure schon in der Hand gehabt und si mit dem Namen der Cholsäure bezeichnet hatte. Dann hatte aber späte Demarçay eine andere Säure aus der Galle dargestellt, welche ei Zersetzungsproduct dieser Säure ist, und welche wir jetzt Cholalsäur nennen, und hatte diese als Cholsäure bezeichnet. Es konnte deshal Verwechslung eintreten zwischen der Cholsäure von Gmelin und de

von **Demarçay**, so dass man von diesen Bezeichnungen heutzutage abgegangen ist. Wir nennen jetzt die Cholsäure von **Gmelin** Glycocholsäure, weil sie beim Zerkochen mit Alkalien in Glycocoll (Leimsüss) und in die Cholsäure von **Demarçay** zerfällt. Die Cholsäure von Demarçay nennen wir jetzt Cholalsäure, eine Benennung, welche, so wie manche andere in der Chemie, gebildet wurde dadurch, dass die Anfangssilben mehrerer Wörter zu einem neuen Worte verbunden wurden. So ist Cholalsäure aus Cholsäure durch Anhängung der Anfangssilbe des Wortes Alkali entstanden, weil die Cholalsäure durch Behandlung der Cholsäure von **Gmelin** mit Alkalien entsteht. Am bequemsten stellt man die Cholalsäure, die eine krystallisirbare Säure ist, dar durch Kochen mit Barytwasser. Man gibt die Glycocholsäure in einen Kolben mit Barytwasser und setzt ein langes Rohr darauf, so dass der Dampf sich in demselben wieder verdichtet und als Wasser zurückfliesst; man kocht anhaltend und erhält so cholalsauren Baryt. Diesen zersetzt man mit Schwefelsäure und gewinnt so unsere jetzige Cholalsäure oder die Cholsäure von **Demarçay**. Das zweite Product, das Glycocoll, hat man zuerst aus dem Leim erhalten durch Zerkochen desselben mit Schwefelsäure, und die Benennung rührt her von colla Leim und von γλυκύς süss, denn diese Substanz schmeckt süss, weshalb sie auch im Deutschen den Namen Leimsüss führt. Die Zersetzung ist nun folgende: Cholalsäure $C_{24} H_{40} O_5$, Glycocoll $C_2 H_5 NO_2$, addire ich das zusammen, so erhalte ich $C_{26} H_{45} NO_7$, nehme ich daraus ein Wasseratom weg, so bekomme ich $C_{26} H_{43} NO_6$ und das ist die Formel der Glycocholsäure. Die Glycocholsäure nimmt also ein Atom Wasser auf und zerfällt dabei in Cholalsäure und Glycocoll. Man kann die Glycocholsäure auch nach einer andern Methode darstellen, als nach der von **Strecker**, welche ich Ihnen vorher angegeben habe. Man dampft Rindsgalle zur Trockne — man kann dies auf dem Oelbade thun, aber auch auf dem Wasserbade, wenn man nur die Galle, sobald sie zähflüssig wird, anhaltend rührt, bringt man sie auf diesem auch zur völligen Trockne. Wenn man die trockene Galle in Alkohol auflöst und Aether hinzufügt, so entsteht ein Niederschlag, bei welchem die Gallenfarbstoffe mit niederfallen. Von diesem giesst man ab, und fügt nun weiter Aether hinzu, bis eine neue Trübung eintritt. Dann setzen sich in der Kälte nach und nach Krystalle am Boden und an der Wand an, welche der grössten Masse nach aus dem Natronsalze der Glycocholsäure bestehen. Wenn man diese aufsammelt, auf ein Filter wirft und nachher in wenig Wasser auflöst, so kann man durch Zusatz einer Säure die Glycocholsäure, die in Wasser schwer löslich ist, davon abscheiden. Als das kürzeste und zweckmässigste Verfahren empfiehlt **Hüfner** frische Rindsgalle in einen engen Glascylinder fliessen zu lassen, etwas Aether darüber zu schichten und dann den zwanzigsten Theil vom Volum der Galle an reiner starker Salzsäure hinzuzufügen. Die Glycocholsäure scheidet sich aus und wird allmälig krystallinisch. Wenn dies geschehen ist, giesst man den Aether ab, wäscht mit eiskaltem Wasser bis dasselbe farblos abfliesst, und krystallisirt aus Wasser um, indem man eine heisse concentrirte Lösung bereitet und diese erkalten lässt. Doch soll dieses Verfahren nicht auf jede Art von Galle mit gleich gutem Erfolge anwendbar sein.

Wenn man die Glycocholsäure statt mit Barytwasser mit verdünnte Schwefelsäure oder mit verdünnter Salzsäure kocht, so bekommt mai auch Glycocoll, ausserdem aber eine harzige Masse, welche gewöhnlicl mit dem Namen Choloidinsäure bezeichnet wird. Wenn man diese nocl weiter kocht, so stellt sie einen Körper dar, welcher nicht mehr di Eigenschaften einer Säure hat, aus $C_{24} H_{36} O_3$ besteht, also zwei Atom Wasser weniger enthält, als die Cholalsäure, und Dyslysin genannt wird. Wenn man dieses Dyslysin mit einer alkoholischen Kalilösung kocht, so bekommt man wieder eine Kaliverbindung, welche in ihrer Zusammensetzung mit dem cholalsauren Kali übereinstimmt. Man pflegte früher zu sagen, dass man auf diese Weise die Choloidinsäure regenerirt habe und das erhaltene Salz choloidinsaures Kali sei. Es sind jedoch von Hoppe-Seyler Untersuchungen angestellt worden, welche die Existenz der Choloidinsäure als sehr zweifelhaft erscheinen lassen. Hoppe-Seyler hat nachgewiesen, dass sich beim Kochen mit verdünnter Salzsäure ein Theil der Glycocholsäure nicht spaltet, sondern nur ein Atom Wasser verliert und eine neue Säure darstellt, welche den Namen Cholonsäure führt: das Uebrige ist nach Hoppe-Seyler Cholalsäure und Dyslysin, und das, was aus dem Dyslysin mittelst alkoholischer Kalilösung regenerirt wird, ist nicht choloidinsaures Kali, sondern cholalsaures Kali. Er hat auch daraus die krystallisirte Cholalsäure abgeschieden, während Choloidinsäure immer für eine unkrystallisirbare Substanz gegolten hat.

Wir haben gesehen, dass Strecker aus der Rindsgalle die Glycocholsäure dargestellt hat durch Ausfällen mit neutralem essigsaurem Blei. Als er zu der Flüssigkeit, welche er von dem Bleiniederschlage abfiltrirt hatte, basisch essigsaures Blei und ausserdem noch Ammoniak hinzusetzte, erhielt er einen zweiten Niederschlag, der wiederum die Bleiverbindung einer Säure war, welche aber beim Kochen mit Chlorwasserstoffsäure nicht so wie die Glycocholsäure in Cholalsäure und Glycocoll, sondern in Cholalsäure und Taurin zerfiel. Das Taurin an und für sich hatte man längst gekannt. Es besteht aus $C_2 H_7 NSO_3$. Es ist ein schön krystallisirter Körper, welcher in grossen Prismen erhalten wird, und den man bereits künstlich dargestellt hat. Als Redtenbacher zuerst den Schwefel im Taurin nachwies, zeigte er, dass das Taurin wie saures schwefligsaures Aldehydammoniak zusammengesetzt sei. Er stellte das saure schwefligsaure Aldehydammoniak dar, fand aber, dass es in seinen Eigenschaften vom Taurin gänzlich verschieden sei. Beide Körper waren also isomer, aber nicht identisch. Später wurde das Taurin künstlich aus isäthionsaurem Ammoniak dargestellt. Dasselbe setzt sich bei 220° unter Verlust eines Wasseratoms in Taurin um. Die Isäthionsäure ($C_2 H_6 SO_4$) ihrerseits wird erhalten aus isäthionsaurem Baryt, den man darstellt, indem man Schwefelsäuredampf in Alkohol leitet, Wasser zusetzt, aufkocht und mit Baryt sättigt. Man kann also aus Schwefelsäure, Alkohol, Wasser und Ammoniak das Taurin künstlich im Laboratorium aufbauen. Die Säure nun, welche beim Kochen mit verdünnter Salzsäure in Choloidinsäure (Cholalsäure) und Taurin zerfällt, bezeichnet man jetzt mit dem Namen der Taurocholsäure, Strecker nannte sie Choleinsäure. Bei der Spaltung nimmt sie gerade so ein Atom Wasser auf, wie dies die Glycocholsäure thut, und zerfällt so wie diese, nur dass man dem Spaltungsproducte Glycocoll das Spaltungsproduct Taurin substituiren muss

Spätere Untersuchungen haben nun gezeigt, dass in den Gallen ver- :hiedener Thiere verschiedene Gallensäuren enthalten sind, z. B. in der :hweinsgalle eine Hyocholinsäure, in der Gänsegalle eine Chenocholin- ure, und da man die Menschengalle in ganz frischem Zustande niemals hinreichender Quantität gehabt hat, um eine vollständige Untersuchung rselben durchführen zu können, so muss man zweifelhaft sein, ob man e Resultate, welche Strecker bei Untersuchung der Ochsengalle er- lten hat, ohne Weiteres auf den Menschen übertragen darf. Glycocoll t man gefunden, aber gegen die Identität der aus Menschengalle er- ltenen Cholalsäure mit der, welche man aus Ochsengalle gewinnt, ıd in neuerer Zeit Zweifel erhoben worden. In Rücksicht auf das ıurin schwanken die Meinungen auch hin und her. Ein vor einiger it gemachter Versuch, Taurin aus frischer Menschengalle, die aus ıer Gallenfistel floss, zu gewinnen, hat zu einem negativen Resultat führt; neuerdings gibt aber Trifanovsky wieder an, mikroskopische rystalle von Taurin aus Leichengalle erhalten zu haben.

Pettenkofer hat eine schöne Reaction gefunden, welche sowohl e Glycocholsäure, als auch die Taurocholsäure und die Choloidinsäure, ziehungsweise die Cholalsäure gibt. Offenbar gehört sie der letzteren ı. Sie besteht darin, dass man die Substanz, in welcher man die Gallen- uren vermuthet, oder wo möglich die schon bis zu einem gewissen rade gereinigten Gallensäuren in Lösung bringt und ein wenig Zucker ıd dann Schwefelsäure hinzufügt. Beim vorsichtigen Zusetzen der :hwefelsäure und beim Umschütteln entsteht eine Temperaturerhöhung, ıd, wenn diese einen gewissen Grad erreicht hat, eine schön weinrothe arbe. Eine ganz ähnliche Reaction geben bekanntlich die Eiweiss- irper; man musste deshalb früher, um die beiden Reactionen aus- nanderzuhalten, die Eiweisskörper sorgfältig entfernen. In neuerer eit haben jedoch Bogomoloff und Schenk das Spectrum der rothen lüssigkeit, welche man durch die Pettenkofer'sche Probe erhält, unter- ucht und Absorptionsstreifen gefunden. Die Angaben über die einzelnen bsorptionsstreifen stimmen nicht vollständig überein, aber so viel ist och sicher, dass, da die Eiweissreaction nicht solche Absorptionsstreifen eigt, man an diesen die Pettenkofer'sche Gallenreaction von der Eiweiss- eaction unterscheiden kann. Nach den Untersuchungen von Schenk ehören nur zwei Absorptionsstreifen, einer bei der Frauenhofer'schen inie *E* und der andere bei *F*, den Gallensäuren als solchen an, während in dritter Streifen, der bisweilen noch gesehen wird, von andern bei- emengten Stoffen herrührt. Noch empfindlicher ist die Pettenkofer'sche iallenprobe, wenn man sie nach Neukomm's Vorschrift anstellt. Man igt dann der mit einer Spur von Zucker versetzten zu untersuchenden 'lüssigkeit Alkohol und nur eine geringe Menge von Schwefelsäure hinzu ınd verdampft auf dem Wasserbade oder vorsichtig über der Lampe. Bei einer bestimmten Concentration, d. h. wenn so viel Alkohol und Wasser verdampft ist, dass der Schwefelsäuregehalt auf einen bestimmten Procentsatz gestiegen, tritt dann plötzlich die Purpurfarbe hervor.

Gehen wir jetzt über zu den sogenannten Farbstoffen der Galle, so erhalten wir denjenigen, welcher das Fundament und die Muttersubstanz aller übrigen zu sein scheint, wenn wir Menschengalle, so wie wir sie aus der Leiche nehmen, mit Chloroform schütteln, das Chloroform von

der übrigen Galle trennen, es in eine Retorte hineingiessen und al destilliren; dann bleibt ein schwarzer pechartiger Rückstand. Uebergies man ihn mit Alkohol, so löst er sich darin auf, färbt denselben tie dunkelbraun und unten am Boden der braunen Flüssigkeit sehen w einen rothen Sand wie Ziegelmehl liegen. Wenn wir denselben unte dem Mikroskope betrachten, so finden wir, dass er aus schönen orange roth gefärbten rhombischen Krystallen besteht. Dieser Farbstoff führ jetzt den Namen Bilirubin und besteht aus $C_{32} H_{36} N_4 O_6$. Diese Forme unterscheidet sich von Nencki's Formel für das Hämatin dadurch, das sie kein Eisen aber zwei Wasseratome mehr enthält. Die Geschichte des Bilirubins ist eine ziemlich complicirte. Man hatte schon vor vielen Jahren aus der Galle einen gelben Farbstoff dargestellt, welchen man mit dem Namen Cholepyrrhin bezeichnete. Dieses Cholepyrrhin war nichts Anderes als unser jetziges Bilirubin, aber im amorphen und vielleicht nicht ganz reinen Zustande. Man hatte ferner einen bräunlichen Farbstoff erhalten. Man nannte ihn Biliphäin. Es war Cholepyrrhin, gemengt mit einem später zu beschreibenden dunkeln Farbstoffe. Dann hatte Berzelius in Galle, die lange Zeit im eingedickten Zustande gestanden hatte, Krystalle gefunden, welche er mit dem Namen Bilifulvin belegte. Nach der Beschreibung dieser Krystalle ist es mehr als wahrscheinlich, dass sie Bilirubin, dass sie Cholepyrrhinkrystalle waren. Dann fand Valentiner vor einer Reihe von Jahren, dass man durch Schütteln der Galle mit Chloroform einen krystallisirten Farbstoff darstellen könne, und das war unser jetziges Bilirubin. Damit war auch zugleich ein Mittel gegeben, sich diese Substanz in beliebiger Menge zu verschaffen. Es zeigte sich nun bald, dass, wenn man diesen Körper in alkalischen Flüssigkeiten auflöst und ihn aus denselben durch Neutralisation fällt, dass dann ein amorphes Pulver niederfällt, welches dieselben Eigenschaften besitzt, welche man früher dem Cholepyrrhin zugeschrieben hat. Es ist dies also nichts Anderes als das Cholepyrrhin der alten Beobachter, und wenn man dieses Cholepyrrhin wieder in Chloroform auflöst und das Chloroform abdunsten lässt, so bekommt man wieder die rothen Krystalle, welche wir jetzt mit dem Namen Bilirubin bezeichnen. Der Name Bilirubin ist von Städeler aufgestellt worden, als er diesen Körper von Neuem untersuchte und eine Elementaranalyse desselben vornahm; man muss aber sagen, dass es incorrect ist, eine und dieselbe Substanz einmal im amorphen und das andere Mal im krystallisirten Zustande mit verschiedenen Namen zu belegen.

Das krystallisirte Cholepyrrhin ist mehrfach verwechselt worden mit einer gelben krystallisirten Substanz, die Virchow vor vielen Jahren in alten apoplectischen Herden fand und Haematoidin nannte. Aber Virchow selbst hatte schon auf die Unterschiede zwischen ihr und dem gelben Gallenfarbstoff hingewiesen, und nach den Untersuchungen von Holm und von Lieben scheint die Substanz, welche er unter Händen hatte, vielmehr identisch gewesen zu sein mit derjenigen, der der Eidotter und die sogenannten Corpora lutea an den Eierstöcken ihre gelbe Farbe verdanken und die man jetzt Lutein, oder zum Unterschiede von dem in der Reseda luteola enthaltenen gelben Färbestoff Haemolutein nennt.

Wenn man das Cholepyrrhin in alkalischer Lösung der atmosphärischen Luft aussetzt, so zieht es Sauerstoff an, und die Lösung färbt sich dabei grün. Es entsteht hier ein neuer Farbstoff, das Biliverdin. Dasselbe entsteht auch durch Behandlung des Cholepyrrhins mit Säuren. Man hat also auf diese Weise ein Mittel, sich dieses Biliverdin, das man gleichfalls früher gekannt hat, das man früher direct aus der Galle bereitete, in reinem Zustande darzustellen, indem man reines krystallisirtes Cholepyrrhin, d. h. Bilirubin dazu verwendet. Einen etwaigen Rückstand von Cholepyrrhin kann man leicht entfernen, denn das Cholepyrrhin ist leicht löslich in Chloroform, in dem das Biliverdin schwer löslich ist; hingegen ist das Cholepyrrhin, namentlich das krystallisirte, schwer löslich in Alkohol, während das Biliverdin in Alkohol sehr leicht löslich ist.

Das, was sich von dem pechartigen Rückstande, den wir beim Abdestilliren des Chloroform zurückbehalten, in Alkohol auflöst, ist hauptsächlich Cholesterin und ein anderer Farbstoff, welchen ich mit dem Namen Bilifuscin bezeichnet habe. Da dieses Bilifuscin nicht krystallisirt und sich auch nicht aus einem krystallisirten Materiale darstellen lässt, so kann ich nicht sagen, dass ich es im reinen Zustande gehabt habe, aber ich habe es wenigstens vollständig von Cholepyrrhin und Biliverdin gereinigt. Davon konnte ich mich auf das bestimmteste überzeugen; denn das Cholepyrrhin und Biliverdin geben eine sehr schöne Reaction, welche unter dem Namen der Gmelin'schen Gallenprobe bekannt ist. Wenn man zu einer Lösung einer dieser Substanzen concentrirte Salpetersäure, welche, wie Heintz gezeigt hat, damit die Reaction gelinge, etwas salpetrige Säure enthalten muss, hinzufügt, so ändert sich die Farbe, wenn Cholepyrrhin da war, erst in Grün, dann in Blau, dann in Violett, dann in Roth, dann wird die Farbe gelblich und erblast. Biliverdin gibt denselben Farbenwechsel, nur dass er hier vom Grün ausgeht: es erscheinen nach diesem Blau, Violett, Roth, dann erfolgt das Erblassen mit demselben gelblichen Tone wie beim Cholepyrrhin. Diese Gmelin'sche Gallenprobe wird auch benützt, um Gallenfarbstoffe im Urin und anderweitig nachzuweisen. Man stellt dieselbe jetzt meistens so an, dass man erst nur verdünnte und ausgekochte Salpetersäure hinzufügt, und zwar so wenig dass die Reaction nicht sofort eintritt, dann fügt man vorsichtig aber mit einem Guss, nicht tröpfelnd, concentrirte Schwefelsäure hinzu. Die Schwefelsäure sammelt sich am Boden des Reagirglases, entwässert und zersetzt die darüberstehende Salpetersäure, und nun fängt die Reaction so an, dass sich erst ein grüner Ring bildet, welcher aufsteigt, während sich unmittelbar unter ihm ein blauer, dann ein violetter, ein rother u. s. w. bildet, so dass man also ein Ringsystem hat, das dort, wo sich die Reaction begrenzt, grün ist, darunter blau, dann violett, dann roth, worauf dann die durch die Zersetzung der Farbstoffe bereits entfärbte Flüssigkeit folgt. Man hat aber stets darauf zu achten, dass auch das Grün deutlich sei, denn ein bläulicher und röthlicher Ring allein lassen nicht auf Cholepyrrhin oder Biliverdin schliessen.

E. v. Fleischl wendet statt der verdünnten ausgekochten Salpetersäure eine Lösung von salpetersaurem Natron an. Es hat dies den Vortheil, dass hier sicher keine Zersetzung eintritt, ehe man die Schwefelsäure hinzufügt und dass dieselbe dann scharf an der Grenze der letzteren

beginnt und, wenn man nicht zu viel salpetersaures Natron hinzugefüg hat, langsam und regelmässig fortschreitet. Bei diesem Verfahren bleib die Reaction bisweilen beim Blau oder gar beim Grün stehen, aber auc] dann ist die Färbung immer charakteristisch.

Man fällt auch den Urin mit Kalkwasser. Der entstehende Nieder schlag von normalem phosphorsaurem Kalk nimmt das Pigment mit. Man sammelt ihn auf dem Filtrum, löst ihn mit Hilfe von reiner, sehr verdünnter Salpetersäure und fügt dann vorsichtig die Schwefelsäure hinzu. Rosenbach filtrirt den zu untersuchenden Urin und lässt, nachdem dies geschehen, einen Tropfen Salpetersäure auf dem Filter herabrinnen. Man kann auch die beiden zuletzt erwähnten Methoden mit einander verbinden, erst mit Kalkwasser fällen, filtriren und dann den pigmenthaltigen phosphorsauren Kalk auf dem auf einem Porzellanteller ausgebreiteten Filtrum mit kleinen Mengen concentrirter Salpetersäure zersetzen.

Huppert zieht den durch Kalkwasser erzeugten Niederschlag mit schwefelsäurehaltigem Alkohol aus, filtrirt und dampft ein. Die Flüssigkeit färbt sich dabei grün von Biliverdin.

Städeler hat später aus Gallensteinen auch einen Farbstoff unter dem Namen Bilifuscin dargestellt, von welchem er aber sagt, dass er die Gmelin'sche Gallenprobe gab. Es ist also Städeler's Bilifuscin entweder ein anderes, oder es ist nicht vollständig gereinigt gewesen, es hat entweder noch Biliverdin oder Bilirubin oder beide enthalten. Das von mir beschriebene Bilifuscin ist später von Simony wieder dargestellt und näher untersucht worden. Es ist in Alkohol, Eisessig oder Alkalien leicht löslich, schwerer in Chloroform, unlöslich in Wasser, Aether und verdünnten Säuren. Ueber Schwefelsäure geschichtet geben die Lösungen des Bilifuscins an der Grenze einen dunkelrothbraunen bis schwärzlichen Ring. Vom Bilifuscin rührt auch der tief dunkelbraune Ring her, welcher im Harne Ikterischer oft entsteht, wenn man vorsichtig Schwefelsäure hinzufügt, so dass sich diese in getrennter Schicht am Boden des Reagirglases ansammelt.

Wenn man sich nun fragt, wie und unter welchen Umständen diese Gallenfarbstoffe in der Galle vorkommen, so muss man sagen: In der normalen Galle ist zunächst Cholepyrrhin enthalten, denn die normale Galle ist rein gelb gefärbt. Man kann dies sehen bei Galle, welche aus Gallenfisteln gewonnen wird, man kann dies sehen bei Galle, welche nach anhaltendem Erbrechen entleert wird, wo zuletzt die Magencontenta und der saure Magensaft vollständig heraus sind, und nur noch Galle entleert wird. So lange aber noch saurer Magensaft und Mageninhalt entleert wird, ist die mitentleerte Galle meist grün gefärbt, weil sich unter dem Einflusse des sauren Magensaftes Biliverdin gebildet hat. Bilifuscin kommt in der Leichengalle vor. Es scheint aber auch im lebenden Körper sich zu bilden, denn es kommt offenbar im ikterischen Harne vor. Der ikterische Harn hat beim Schütteln einen grünlichen Schimmer, welcher von Biliverdin herrührt, ist aber meistens zugleich braun, wie ihn Cholepyrrhin und Biliverdin nicht färben könnten. Die älteste Probe zur Untersuchung auf Gallenfarbstoffe im Urin scheint auch Bilifuscin zum Object gehabt zu haben. Man tauchte einen Lein-

wandlappen in den zu untersuchenden Urin und sah zu, ob er beim Trocknen einen braunen Fleck behielt.

Wir haben unter den Bestandtheilen der Galle das Cholesterin genannt. Das Cholesterin kommt in der Galle vor, ausserdem bildet es einen Hauptbestandtheil der meisten Gallensteine, es ist aber auch im ganzen Körper verbreitet und namentlich ist es in grosser Menge im Nervenmarke enthalten, so dass, wenn man keine Gallensteine hat, um sich Cholesterin daraus darzustellen, man weisse Gehirnsubstanz als das wohlfeilste und ausgiebigste Material dazu benützt. Am leichtesten bekommt man das Cholesterin aus Gallensteinen. Man kocht dieselben mit heissem Alkohol aus, das Cholesterin ist in heissem Alkohol sehr leicht, in kaltem aber schwerer löslich, und es krystallisirt deshalb aus der heissen gesättigten Lösung heraus. Es krystallisirt in schönen rhombischen Tafeln, deren Winkel 100° 30′ und 79° 30′ betragen, und besteht wasserfrei aus $C_{26}\ H_{44}\ O$. Die bei Zimmertemperatur getrockneten Krystalle enthalten ausserdem ein Aequivalent Wasser, das bei 100° entweicht. Es ist löslich in Aether, aber ganz unlöslich in Wasser. Es existiren sehr charakteristische Reactionen auf Cholesterin. Man fügt zu den Krystallen, welche man für Cholesterinkrystalle hält, Schwefelsäure in verschiedenen Concentrationsgraden. In concentrirter Schwefelsäure zerfliessen die Krystalle zu gelben Tropfen, in etwas verdünnterer werden sie zwar auch benagt, behalten aber ihre Form und nehmen eine rothe Farbe an; ist die Schwefelsäure noch verdünnter, wird die Farbe nicht mehr roth, sondern purpurfarben und die Krystalle erhalten sich in ihrer Form; endlich wenn man noch Jodtinctur hinzufügt, geht die Farbe in blau über. Die Krystallform, die Löslichkeitsverhältnisse und diese Reactionen genügen an und für sich schon, um das Cholesterin als solches nachzuweisen. In neuerer Zeit ist aber von Salkowski noch eine andere schöne Reaction angegeben worden. Man löst den für Cholesterin gehaltenen Körper in Chloroform auf, fügt dann Schwefelsäure hinzu, schüttelt und lässt die Flüssigkeiten übereinander stehen; dann färben sich nach einiger Zeit die beiden Schichten, welche sich gebildet haben in höchst charakteristischer Weise. Die unterste Schicht, die Schwefelsäureschicht färbt sich je nach der Concentration im durchfallenden Lichte gelb oder roth und fluorescirt mit schön grünem Lichte; die obere Schicht, die Chloroformschicht, färbt sich im durchfallenden Lichte roth bis purpurn, und fluorescirt mit gelber Farbe.

Wenn man Cholesterinkrystalle in Seifenlösung suspendirt, so bilden sich auf denselben nach Benecke's Entdeckung mikroskopische Tropfen, die durch einen Quellungsprocess entstehen, bei dem die Cholesterinkrystalle, als solche nach und nach ganz zerstört, aufgezehrt werden. Im polarisirten Lichte bei gekreuzten Prismen zeigen die Tropfen ein dunkles Kreuz, die grösseren sich gegen das Deckglas abplattenden ausserdem einen mehr oder weniger ausgedehnten dunkeln Fleck im Centrum. Es rührt dies daher, dass sich doppeltbrechende Theilchen in den Tropfen in bestimmter Weise orientiren, und zwar im Allgemeinen so, dass sich die optischen Axen senkrecht gegen die Oberfläche des Tropfens richten.

Das Cholesterin ist im Körper, wie gesagt, sehr verbreitet, mehr noch in gewissen krankhaften Zuständen, so dass es in allen thierischen

Flüssigkeiten mit Ausnahme der Thränen und des Harns bereits gefunde worden ist; in diesen beiden Flüssigkeiten nicht, weil sie wässeri Lösungen sind, welche sehr wenig organische Substanz enthalten, und d Cholesterin an und für sich im Wasser unlöslich ist und die Lösung de selben in wässerigen Lösungen nur durch andere Substanzen vermitte wird. Man hat das Cholesterin früher Gallenfett genannt und als Lipoi bezeichnet, weil es gewisse äussere Eigenschaften mit den Fetten gemei hat. Diese Ausdrücke sind aber obsolet geworden, seit man die Const tution der Fette und die des Cholesterins näher kennen gelernt hat.

Gallensteine.

In der Galle bilden sich, wie gesagt, Concremente, Gallenstein welche, wenn sie ungefärbt sind, fast vollständig aus Cholesterin bestehen Sie erreichen manchmal eine bedeutende Grösse, so dass ein Gallenstei die ganze Gallenblase ausfüllt und ein Modell, einen Ausguss derselbe darstellt. In dem Innern auch der ganz weissen Steine findet man gewöhnlich eine gefärbte Stelle, die meist weniger compact ist als de übrige Stein. Es scheint sich hier ein Klümpchen, vielleicht eine Schleimflocke, gefärbt durch in ihr niedergeschlagenes Pigment, gebildet zu haben, und um dieses herum haben sich die Cholesterinkrystalle angelagert, bis sie am Ende zu einem grossen Gallensteine angewachsen sind. Manche Gallensteine sind in ihrer ganzen Substanz gefärbt; sie enthalten dann auch Cholesterin, aber daneben grosse Mengen von Gallenpigment. Ausse den Farbstoffen, welche wir bei der Galle besprochen haben, ha Städeler aus einem grossen Material von Gallensteinen noch verschiedene andere Pigmente dargestellt. Beide sind aber nicht als solche nicht im freien Zustande in den Gallensteinen enthalten, wie die zuerst Bramson nachgewiesen hat; sie sind in den Steinen an Kal gebunden.

Functionen der Galle.

Wenn die Galle in den Darmkanal hineingelangt und sich hier m dem Speisenbrei mischt — es scheint, dass durch den Reiz, den de saure Speisenbrei beim Uebergange in den Dünndarm hervorbringt, ein plötzliche Entleerung der Galle in den Dünndarm hervorgerufen wird – so entsteht ein reichlicher Niederschlag, der mitunter eine käsige Co sistenz hat und sich ziemlich fest an die Zotten des Duodenums anleg Dieser Niederschlag, auf welchen Bernard zuerst aufmerksam gemac hat, entsteht dadurch, dass die Galle Eiweisskörper, welche in de Speisenbrei enthalten sind, ausfällt, dabei selbst aber durch die Säu des Magens zum Theil zersetzt wird, so dass dieser Niederschlag a gefälltem Eiweiss und aus Gallensäuren besteht. Diese Einwirkung d Galle auf den Speisenbrei hat eine sehr wichtige Folge, nämlich die, da mit einem Schlage die Pepsinverdauung, die Verdauung unter saur Reaction sistirt wird. Es wird zwar später der Speisenbrei durch d reichlichen Zufluss von alkalischen Secreten wohl meistens entsäue und schon dadurch würde die Pepsinverdauung aufhören; dies wür

er immer einige Zeit beanspruchen, während die Galle ganz plötzlich nd augenblicklich die Pepsinverdauung stillstellt, und zwar auf zweierlei Weise: Erstens indem sie Eiweiss fällt. Nach den Untersuchungen von Maly handelt es sich hierbei nicht um ein blosses Aussalzen der Eiweisskörper aus ihrer sauren Lösung, sondern um die specifische Wirkung einer bestimmten Gallensäure. Unter den beiden Säuren der Rindsgalle erkannte er die Taurocholsäure als die wirksame. Die Galle macht dabei auch alle Eiweisskörper, welche noch im Quellen begriffen sind, verschrumpfen und schon hiedurch ihre Verdauung in saurer Lösung unmöglich. Zweitens aber reisst der Niederschlag, welcher entsteht, auf mechanischem Wege das Pepsin mit, so dass hierin ein neues Moment liegt, die Magenverdauung aufhören zu machen.

Man hat sich die Frage gestellt, ob die Galle weiter noch eine Function im Darmkanale habe, oder ob sie nur als ein Excret zu betrachten sei, welches aus dem Körper entleert wird. Der nächste Weg, diese Frage zu entscheiden, schien der zu sein, dass man untersuchte, wie sich Thiere verhalten, denen man die Galle aus dem Körper herausleitet, so dass sie nicht in den Darmkanal hineinkommt. Man legte also an Hunden Gallenfisteln an. Die nächste Erscheinung, die sich zeigte, war, dass die Hunde die Galle trotz ihrer Bitterkeit mit grosser Begierde aufleckten. Man verhinderte sie daran und die Hunde starben. Später jedoch gelang es Schwann, Hunde, denen Gallenfisteln angelegt waren, und welche die Galle nicht auflecken konnten, längere Zeit hindurch am Leben zu erhalten, obgleich ihre Faeces zeigten, dass durchaus keine Galle in den Darmkanal hineingelangte. Aber diese Hunde verhielten sich nicht wie andere. Wenn sie auf die Ration gesetzt wurden, mit welcher man einen andern Hund derselben Grösse im Gleichgewicht erhalten kann, so gingen sie an Inanition zu Grunde. Sie mussten eine grössere Menge von Futter erhalten, und so lange sie diese bekamen und bewältigen konnten, erhielten sie sich am Leben. Es deutet dies darauf hin, dass vielleicht einerseits die Galle, welche hier verloren ging, noch im Körper theilweise resorbirt worden wäre, und somit jetzt, wo das nicht mehr geschah, durch ein Plus von Nahrungsmitteln ersetzt werden musste: andererseits ist es aber auch möglich, dass die Galle selbst noch bei der Verdauung und bei der Resorption eine Rolle spielt, und dass die Thiere, wenn dieselbe nicht in den Darmkanal hineingelangt, ihre Nahrung schlechter ausnützen als sonst. Was das erstere anlangt, so hat man einerseits die Menge der Galle zu bestimmen gesucht, welche binnen 24 Stunden abgesondert wird, andererseits die Menge der Galle in den Excrementen. Es hat sich immer gezeigt, dass man mit der Rechnung zu kurz kam, dass weniger Galle oder Zersetzungsproducte der Galle in den Faeces enthalten waren, als präsumptiver Weise abgesondert worden war. Solche Rechnungen haben immer ihr Bedenkliches, da die Menge, welche bei Gallenfisteln herausfliesst, bei verschiedenen Thieren und zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden ist. Aber es sind noch andere Gründe da, welche es wahrscheinlich machen, dass wirklich ein Theil der Galle im Darmkanale resorbirt und im Körper noch weiter zersetzt und verbrannt wird. Die Farbstoffe gehen in die Faeces und theilweise in den Urin über: sie werden also theilweise resorbirt, sie werden auch chemisch verändert, aber, wie wir später sehen

werden, nicht so, dass der Körper aus diesem Processe lebendige Kra gewänne. Es wird auch Dyslysin und es werden auch Gallensäuren i den Faeces gefunden; also auch von diesen geht ein Theil ungenütz fort: aber da im ganzen Dünndarm alkalische Reaction ist, also di Gallensäuren sich mit Alkalien verbinden können, und ihre Verbindunge mit Alkalien leicht löslich sind, so ist es im hohen Grade wahrscheir lich, dass ein Theil der Gallensäuren im Dünndarme wieder resorbi wird. Dass die resorbirte Galle wenigstens theilweise zerlegt wird, wi dadurch wahrscheinlich, dass beim Ikterus, also da, wo sich viel Galle bestandtheile im Blute befinden, nach den bisherigen Erfahrungen d Gallensäuren nicht in demselben Verhältnisse in den Harn übergehe wie die Farbstoffe, während in anderen Fällen, es ist dies zum Beispi in Fällen von Lungenentzündung beobachtet worden, Gallensäuren den Harn übergehen, ohne dass Ikterus vorhanden ist und ohne da sich Gallenfarbstoff im Urin findet. Die zweite Frage, die, inwiefe die Galle bei der Verdauung und bei der Resorption mitwirkt, könn wir nicht isolirt behandeln, wir müssen uns vorerst um einen zweit Verdauungssaft kümmern, um den Succus pancreaticus.

Das Pankreas und sein Secret.

Das Pankreas wird gewöhnlich als eine acinöse Drüse beschrieben Es ist dies aber auch nicht im stricten Sinne des Wortes zu nehmen Das Pankreas ist nicht etwa eine acinöse Drüse, wie die Meibom'sche Drüsen, auch nicht wie die Talgdrüsen es sind. Es hat einen verzweigte Ausführungsgang, an welchem dann wieder Drüsenschläuche sitzen, di ebenfalls verzweigt sind und mit länglichen Kolben endigen, welch sehr verschieden und unregelmässig gestaltet sind. Sie sind in neuere Zeit von Latschenberger wieder untersucht worden. Sie sind so an einandergelegt, dass eine möglichst vollständige Raumerfüllung erziel wird, da nur wenig Bindegewebe zwischen ihnen liegt. Daraus geh schon hervor, dass sie nicht beerenförmig, auch nicht ellipsoidisch sei können, sondern dass sie ihrer Gestalt nach sehr verschieden sind. I Allgemeinen sind es Kolben oder längere Schläuche, welche sich zu ander zusammensetzen, die dann in einen Ausführungsgang einmünden. Di Enchymzellen der secernirenden Partie der Drüse sind nach Latschen berger's Untersuchungen nackte Zellen mit einem succulenten Prot plasmaleibe. In der Mitte lassen sie in den Schläuchen und Kolben eine centralen Gang. Wenn man vom Ausführungsgange des Pankreas aus d Pankreas injicirt, bekommt man demnach ein dendritisches Gezweig welches mit seinen letzten Enden in den Endkolben steckt. Es ist hi ein Netzwerk von Gängen beschrieben, welches angeblich die einzeln Secretionszellen des Pankreas umspinnen soll. Dieses Netzwerk existi aber als selbstständiges Gebilde nicht, sondern es erscheint nur an vo Ausführungsgange aus injicirten Drüsen dadurch, dass die Injectionsmas nicht nur in den centralen oder richtiger axialen Kanal, sondern au noch in die Zwischenräume zwischen den Secretionszellen eindringt, w dies Latschenberger ausführlich nachgewiesen hat. Bei dem Uebe gange der secernirenden Partie in den Ausführungsgang ändert sich d

Epithel, so dass die Zellen flach und in die Länge gezogen werden und in diesem Charakter nun die Ausführungsgänge auskleiden, bis in den stärkeren ihre Höhendimension wieder zunimmt, so dass sie sich in Cylinderzellen umgestalten.

Der Pankreassaft, das Secret des Pankreas, ist eine eiweisshaltige Flüssigkeit, eine Flüssigkeit, welche, je concentrirter sie ist, um so mehr lösliches und auch fällbares Eiweiss enthält, alkalisch reagirt und eine Reihe merkwürdiger Wirkungen ausübt, über welche die chemische Untersuchung des Secrets bis jetzt nur noch sehr unvollständigen Aufschluss gegeben hat. Der Pankreassaft hat zunächst die Wirkung, Stärke in Dextrin und Zucker umzusetzen, und zwar in einem solchen Grade, wie sie kein anderer Verdauungssaft besitzt. Bei der Temperatur des menschlichen Körpers und selbst bei der gewöhnlichen Temperatur bringt er die Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit zu Stande. Es entsteht dabei, wie unter der Einwirkung der Diastase und auch des Speichels, nach Musculus und Mering Maltose. Stärkekleister wird in kurzer Zeit so vollständig verändert, dass das Jod keine blaue und auch nicht einmal mehr eine rothe Färbung gibt. Der Pankreassaft wirkt auch auf das Achroodextrin, er setzt auch das Achroodextrin noch kräftig in Zucker um, während wir gesehen haben, dass die Diastase auf das Achroodextrin entweder gar keine oder eine kaum merkliche Wirkung hat. Das Pankreassecret der körnerfressenden Thiere und auch das Infusum des Pankreasgewebes dieser Thiere wirkt auch auf rohe Stärke ziemlich energisch ein, es wandelt zuerst die Granulose der rohen Stärkekörner um, so dass diese sich dann mit Jodtinctur noch roth färben: dann wandelt es auch die Erythrogranulose um, so dass sich das Stärkekorn mit Jod nicht mehr oder je nach der Concentration der Jodlösung gelblich färbt.

Die Folge der Einwirkung des Pankreassaftes auf die Stärke zeigt sich bei Versuchen an Hunden sehr deutlich. Wenn man die Thiere zu der Zeit tödtet, wo eben der Inhalt des Magens theilweise in den Dünndarm übergegangen ist, und den Mageninhalt herausnimmt, so findet man in demselben regelmässig noch grosse Mengen von Erythrodextrin und Erythramylum. Ja man findet in vielen Fällen zu dieser Zeit noch unveränderte Granulose, so dass, wenn man mehr Jod hinzusetzt, die Farbe aus Roth in Blau übergeht. Wenn man von demselben Thiere den Inhalt des Dünndarms ansäuert und Jodtinctur hinzusetzt, so findet man nur in seltenen Fällen irgend eine Färbung, wenn nicht etwa dem Thiere rohe Stärke mit verfüttert worden ist, welche sich dann auch noch im Dünndarme blau färbt. Wenn man den Inhalt des Magens auf Zucker untersucht, so findet man, wie wir gesehen haben, trotz reichlicher Fütterung mit Stärke kaum nachweisbare Spuren von Zucker. Untersucht man aber von demselben Thiere und zu derselben Zeit den Dünndarminhalt, so findet man beträchtliche Mengen von Zucker.

Durch den Zufluss der drei alkalischen Secrete, der Galle, des Pankreassaftes und des Secrets der Brunner'schen Drüsen, wird der Speisenbrei neutral und dann alkalisch. Man könnte daraus schliessen, dass die Milchsäuregährung, welche im Magen begonnen, jetzt gänzlich aufhört. Es ist dies aber wohl nicht der Fall. Man merkt nur nichts

von ihr, weil die geringe Menge der gebildeten Säure von den zufliessenden alkalischen Secreten immer wieder neutralisirt wird. Denn wir werden später sehen, dass da, wo diese alkalischen Secrete nicht mehr in solcher Menge abgesondert werden, wo nur sogenannter Succus entericus abgesondert wird, in Folge der Milchsäuregährung der Darminhalt wieder sauer wird. Es ist nun doch nicht wahrscheinlich, dass die Milchsäuregährung im Magen beginnt, dass sie dann im Dünndarme aufhört, und dass sie sich im Dickdarme wieder in Gang setzt. Es ist wahrscheinlich, dass sie sich verdeckt im Dünndarme fortsetzt, und dass wir sie nur nicht bemerken, weil durch den Zufluss der alkalischen Secrete die gebildete Säure getilgt wird.

Eine zweite nicht minder wichtige und merkwürdige Wirkung des Pankreassaftes ist die Wirkung desselben auf das Fett. Man kann einen Fetttropfen auf eine Eiweisslösung setzen und ihn damit schütteln; der Fetttropfen wird nicht aufgelöst und auch nicht emulgirt; man kann einen Fetttropfen in ein Reagirglas mit Galle fallen lassen und schütteln; nachdem die Flüssigkeit zur Ruhe gekommen ist, sammelt sich das Fett wieder an der Oberfläche an, es ist nicht emulgirt worden. Schüttelt man aber das Fett mit Pankreassaft, so erhält man sofort eine schneeweisse haltbare Emulsion. Man könnte dieses Verhalten einer eigenthümlichen kräftigen Wirkung der Eiweisskörper des Pankreassaftes zuschreiben, man könnte der Meinung sein, dass dieses Eiweiss sich besonders eigne, um eine Emulsion hervorzubringen; aber die Sache hat offenbar noch einen andern Grund. Bernard, der diese merkwürdige Eigenschaft des Pankreassaftes zuerst bemerkt hat, hat nachgewiesen, dass der Pankreassaft auch leicht zersetzbare Fette zersetzt, so dass Fettsäuren gebildet werden. Im Kleinen kann man den Versuch folgendermassen anstellen. Man löst ganz frische und säurefreie Butter in Aether auf, mit dieser ätherischen Lösung tränkt man ein Stück Pankreasgewebe. Man lässt nun den Aether verdunsten, fügt etwas Wasser hinzu und legt das Stückchen Pankreasgewebe, nachdem man eine kleine Quantität blauer Lakmustinctur hinzugefügt hat, zwischen zwei Glasplatten mit ineinander verschraubten Fassungen, wie man sie als sogenannte Quetscher bei mikroskopischen Arbeiten braucht. Man bemerkt nach kurzer Zeit, dass sich in der Lakmustinctur um das Stück Pankreasgewebe herum ein rother Hof bildet. Bernard hat sogar vorgeschlagen, dies als Reagens auf Pankreasgewebe anzuwenden, indem er kein anderes Drüsengewebe fand, welches diese merkwürdige Veränderung in den Fetten hervorruft. Er hat dann diese Versuche im Grossen angestellt und hat sich überzeugt, dass hier Buttersäure gebildet wird. Man hat aber lange nicht gewusst, was man mit dieser merkwürdigen Eigenschaft des Pankreasgewebes anfangen solle. Denn die Fette werden bei Weitem der Hauptmasse nach, wie wir dies später ausführlich sehen werden, nicht im zerlegten, sondern im unzersetzten Zustande, nur im mechanisch fein vertheilten Zustande, als Emulsion resorbirt. Man kann Schritt für Schritt die ganze Resorption des Fettes verfolgen. Es gibt kaum in der Physiologie etwas so Klares, etwas so Einfaches, wie die Resorption des Fettes. Man findet in den Chylusgefässen das neutrale Fett wieder, man findet, dass es auch in das Blut übergeht, nachdem ein grosser Theil desselben von den Lymphkörperchen, beziehungsweise Chyluskörperchen,

aufgenommen worden ist. Erst in diesem, erst im Blute wird es weiter zerlegt, wie es scheint, indem es zunächst einem langsamen Verseifungsprocesse unterliegt. In neuerer Zeit hat es sich indessen gezeigt, dass doch die theilweise Zerlegung des Fettes, welche im Darm durch den Pankreassaft bewerkstelligt wird, wenn sie sich auch nur auf einen sehr kleinen Theil des Fettes erstreckt, einen sehr wesentlichen Nutzen hat. Man reinige Olivenöl vollständig von allen Fettsäuren. Zu dem Ende setzt man so viel Barytwasser hinzu, dass dadurch nur ein kleiner Theil des Fettes zerlegt werden könnte. Man rührt dann in der Wärme durch. Das Barium-Hydroxyd greift das Fett nicht an, so lange nicht alle freien Fettsäuren gebunden sind. Man lässt erkalten. Die gebildeten Barytseifen senken sich in die untere wässerige Schicht und oben kann man nun das säurefreie Oel abheben. Wenn man solches Oel mit einer Lösung von kohlensaurem Natron oder von Borax schüttelt, so erhält man keine Emulsion, das Oel trennt sich wieder vollständig in einer zusammenhängenden Schicht. Wenn man aber denselben Versuch mit Oel macht, so wie man es kauft, wo es immer eine, wenn auch nur kleine Quantität von Fettsäuren enthält, und schüttelt dieses mit einer Lösung von kohlensaurem Natron oder Borax, so entsteht gleich nach dem ersten Aufschütteln eine dichte und haltbare Emulsion. Das ist so sicher, dass man dies als Probe anwenden kann, ob ein Oel wirklich frei von Fettsäuren ist oder nicht. Es hängt damit zusammen, dass das kohlensaure Natron und das borsaure Natron an und für sich nicht im Stande sind, das neutrale Fett zu zersetzen, dass aber, wenn freie Fettsäure vorhanden ist, diese einen Theil der Basis an sich reisst, da dieselbe nur durch schwache Verwandtschaft gebunden ist und auf diese Weise eine Seife bildet. Gad hat in neuerer Zeit die wichtige Beobachtung gemacht, dass sich flüssige fettsäurehaltige Fette in Lösungen von kohlensauren Alkalien auch von selbst und ohne alle äussere mechanische Einwirkung emulgiren, indem ein merkwürdiger Zertheilungs- und Zerstäubungsprocess mit ihnen vorgeht. Diese freiwillige Emulgirung erklärt sich folgendermassen: Da die beiden ursprünglichen Flüssigkeiten sich nicht mit einander mischen, so besteht der einzige Weg, die Vereinigung der Oelsäure mit dem Alkali möglichst schnell zu erzielen, in einer möglichst grossen Ausdehnung der Berührungsfläche zwischen eben jenen Flüssigkeiten. Dieser wirkt die Oberflächenspannung entgegen, indem sie die Trennungsfläche so klein als möglich zu machen sucht. Die Oberflächenspannung sinkt aber nach G. Quincke durch die Seifenbildung, wenn man den Oeltropfen als ursprünglich auf Wasser liegend betrachtet, von 2·30 Milligr. auf 0·36 Milligr. oder um 84%. Die chemischen Kräfte überwiegen also und streben, da die Wiedervereinigung der einmal entstandenen Tropfen durch die um sie gebildeten Seifenhäutchen verhindert wird, bis zu einer gewissen Grenze mit Erfolg ihrem Ziele zu. Diese Grenze kann entweder dadurch gesetzt werden, dass die Oelsäure aufgezehrt ist oder das Alkali; oder die Grenze kann dadurch gesetzt werden, dass die Tropfen so klein werden, dass die aus ihnen frei werdenden Kräfte nicht mehr im Stande sind, die Oberflächenspannung zu überwinden, beziehungsweise das gebildete Seifenhäutchen zu zerreissen.

Nun ist im Darmkanale durch die Galle und durch die andern alkalischen Secrete immer eine grosse Menge Alkalien vorhanden, welche

nur durch schwache Verwandtschaften gebunden sind. Diese können die Fettsäuren an sich reissen und die eben beschriebene freiwillige Emulgirung der Fette, so weit sie bei der Temperatur des Körperinneren flüssig sind, bewirken. Man ist wirklich im höchsten Grade erstaunt, wenn man zum ersten Male ein Thier, das mit Fett gefüttert ist, öffnet. Bis an den Pylorus und selbst im oberen Theile des Duodenums sind noch Fetttropfen vorhanden, im Magen in grosser Masse, und so wie man an den Ausführungsgang des Pankreas und über denselben hinauskommt, so sieht man plötzlich Alles in eine milchige Masse verwandelt, ohne dass doch diejenige kräftige mechanische Action vorhanden wäre, welche in der Apotheke immer angewendet werden muss, um das Fett zu emulgiren. In dieser Beziehung unterliegt es also keinem Zweifel, dass der Pankreassaft sehr wesentlich mitwirkt für die Resorption der Fette, und man hat in der That auch bei Erkrankungen des Pankreas gefunden, dass die Faeces viel fettreicher waren als im normalen Zustande, ja dass das Fett in Substanz auf den Faeces schwamm und erstarrte. Es ist zwar auch beobachtet worden, dass, trotzdem kein Pankreassaft in den Darmkanal hineingelangte, Fett resorbirt wurde, was sich aber daraus schon hinreichend erklären würde, dass ja das Fett, welches wir zu uns nehmen, nicht vorher gereinigt ist, sondern dass es Fettsäuren enthält, die dann in ähnlicher Weise Seifen bilden können und in ähnlicher Weise zur Emulgirung mitwirken, nur dass dann der ganze Process in kleinerem Maassstabe vor sich geht, als wenn der Pankreassaft zugeflossen ist. Ausserdem hat aber auch die Galle einen wesentlichen Einfluss auf die Fettresorption. Aus den gewöhnlichen Fällen, wo es sich blos darum handelt, dass bei einem Ikterus die gallenfreien Faeces reich an Fett gefunden wurden, lässt sich eigentlich nicht viel schliessen, denn da gelangt keine Galle in den Darmkanal, weil die Schleimhaut des Duodenums geschwellt ist und den Gallengang verschliesst. Wenn sie aber dies thut, so wird sie wahrscheinlicher Weise auch den Ausführungsgang des Pankreas verschliessen. Es existiren aber Untersuchungen von Voit, nach denen die Fettresorption sehr beschränkt ist, wenn keine Galle in den Darmkanal gelangt, wie sich dieses bei Hunden zeigte, denen eine Gallenblasenfistel angelegt war. Nicht nur die absolute, sondern auch die relative Menge des mit dem Kothe abgehenden unresorbirten Fettes war um so grösser, je mehr Fett verabreicht war. Die Galle kann dadurch zur Fettresorption beitragen, dass sie durch schwache Verwandtschaften gebundene Alkalien zur Disposition stellt, ausserdem aber auch dadurch, und hierauf legt Voit besonderes Gewicht, dass das mit Gallenlösung durchtränkte Zottengewebe die Fette leichter passiren lässt. Auf der mangelhaften Fettresorption beim Mangel der Galle beruht es nach Voit, dass Hunde mit Gallenfisteln mehr Futter bedürfen als normale, wie ich dies früher bei der Lehre von der Function der Galle erwähnt habe. Wo nur fettfreies Futter verabreicht wurde, bedurften Hunde mit und ohne Gallenfistel gleiche Mengen, um sich im Gleichgewichte zu erhalten.

Eine dritte Wirkung des Pankreassaftes besteht darin, dass er geronnene Eiweisskörper auflöst und resorptionsfähig macht. Es ist dies zuerst von Corvisart beobachtet worden, es wurde hinterher mehrfach bestritten, aber Kühne hat dann in einer ausführlichen Arbeit die

Richtigkeit der Angaben von Corvisart nachgewiesen. Die Auflösung erfolgt aber unter wesentlich andern Erscheinungen als bei der Magenverdauung. Kühne operirte so, dass er nicht das aus künstlich angelegten Pankreasfisteln gewonnene Secret, sondern die Pankreassubstanz selbst zur Verdauung verwendete und als Object der Verdauung sich meist des gereinigten und gekochten Blutfibrins bediente. Er fand dann, dass dasselbe nicht aufquoll, sondern dass es mürbe und zerreisslich wurde und am Ende sich verflüssigte. Wenn er das Fibrin, nachdem es durch die Einwirkung der Pankreasflüssigkeit mürbe und zerreisslich geworden war, auswusch, so dass er also das lösliche Eiweiss und das Eiweiss, welches im Pankreassafte selbst enthalten ist, fortschaffte, so fand er, dass der Rest zum grossen Theile in verdünnter Kochsalzlösung löslich sei, und dass die so erhaltene Lösung beim Kochen gerann. Es war hier also aus dem gekochten Blutfibrin, das, wie alle gekochten Eiweisskörper, bei der Magenverdauung nur fällbares Eiweiss gibt, eine Lösung erhalten worden, welche sich wie natives Eiweiss verhielt. Es ist dies deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil es, wie wir früher schon gesehen haben, räthselhaft ist, auf welche Weise speciell wir Menschen uns das native Eiweiss verschaffen, da wir alle Eiweisskörper im gekochten oder im gebratenen Zustande zu uns nehmen, und die durch Hitze coagulirten Eiweisskörper bei der Magenverdauung nur wieder fällbares, niemals natives, sogenanntes lösliches Eiweiss geben. Dieses Verdauungsvermögen erstreckt sich auf alle geronnenen Eiweisskörper, aber nicht wie das des Pepsins auch auf leimgebende Substanzen, Bindegewebe, Sehnen u. s. w.

Kühne nennt die eiweissverdauende Substanz im Pankreassafte Trypsin, von τρυφερός, morsch. Dasselbe wirkte, nachdem er es möglichst gereinigt hatte, nicht auf Stärke und Dextrin. Es ist ein sogenanntes ungeformtes Ferment, nach Kühne's Ausdruck ein Enzym. Er ist der Ansicht, dass es das zu verdauende Eiweiss in zwei Körper spaltet, die er als Pepton und Antipepton bezeichnet, letzteres wird durch das Trypsin nicht weiter verändert. Als Producte weiterer Zersetzung treten bei der Pankreasverdauung auch Leucin, Tyrosin und ein sich mit Brom violett färbender Körper auf, nach G. Salomon auch Hypoxanthin (Sarkin) und Xanthin, ferner nach E. und H. Salkowski Toluylsäure, ferner Indol, letztere beide nur unter Mitwirkung von Bacterien. Diese Mitwirkung kann aber auch im lebenden Körper stattfinden, da, wie Billroth gezeigt hat, die Keime sich schon im lebenden Pankreas finden. Leucin und Tyrosin treten bei der chemischen Zersetzung der Eiweisskörper, sei es, dass dieselben durch Alkalien, sei es, dass dieselben durch Säuren zerstört werden, als die allerhäufigsten Producte auf. Sie treten ferner auch bei der Fäulniss der Eiweisskörper auf, und so auch hier bei der Pankreasverdauung. Sie sind auch in einzelnen Organen gefunden. Sie treten unter pathologischen Verhältnissen an Orten auf, wo sie normaler Weise nicht gefunden werden, und können dann auch in den Urin übergehen, während sie im gewöhnlichen, im normalen Zustande im Organismus weiter zersetzt werden. Dasselbe gilt von der Asparaginsäure, die von Salkowski und Radziejewski gleichfalls unter den Producten der Pankreasverdauung gefunden ist.

Das Leucin besteht aus $C_6 H_{13} NO_2$. Es krystallisirt theils in Nadeln, theils in Blättchen, ist im Wasser ziemlich leicht, in Alkohol

schwerer, in Aether sehr schwer löslich und kann im unzersetzten Zustande sublimirt werden. Es bildet dabei, wenn man es in einem Probirröhrchen erhitzt, wollige Flocken, die in der Luft umherfliegen in ähnlicher Weise wie Zinkoxyd. Man muss es übrigens, um es mit Sicherheit zu erkennen, einigermassen rein darstellen. Es hat keine charakteristische Reaction, durch welche es sich im unreinen Zustande, oder doch in sehr unreinem Zustande von andern Körpern unterschiede. Wenn man es einigermassen rein dargestellt hat, und man dampft es auf einem Platinblech mit Salpetersäure ab, so gibt es einen farblosen, ganz unscheinbaren Rest. Setzt man zu diesem Reste einige Tropfen Natronlauge hinzu und dampft vorsichtig ab, so löst sich dieser Rest in der Natronlauge zu einem ölartigen Tropfen auf, der, wenn er eine gewisse Concentration erreicht hat, ohne Adhäsion wie eine Kugel auf dem Platinblech herumrollt. Wenn man Leucin mit verdünnter Schwefelsäure und Braunstein erwärmt, so gibt es den charakteristischen Geruch nach Valeronitril. Nimmt man concentrirte Schwefelsäure und treibt die Oxydation weiter, so entsteht Valeriansäure.

Das Tyrosin ist schwer löslich im Wasser, Alkohol und Aether und besteht aus $C_9 H_{11} NO_3$. Es gibt zwei sehr empfindliche Reactionen; die eine ist bekannt unter dem Namen der Piria'schen Reaction und wird dadurch erzielt, dass man die für Tyrosin gehaltene Substanz in Schwefelsäure auflöst, sie einige Zeit damit stehen lässt, dann mit kohlensaurem Kalk die Schwefelsäure sättigt und aufkocht. Die Flüssigkeit filtrirt man jetzt vom Gypse ab und setzt nun eine kleine Menge einer neutralen Eisenchloridlösung hinzu; dann entsteht, wenn die Substanz in der That Tyrosin war, eine schön violette Farbe. Man thut aber wohl, die Eisenchloridlösung sehr stark zu verdünnen und sie tropfenweise hinzuzufügen, denn eine sehr geringe Menge von Eisenchlorid ist hinreichend, um die Färbung zu erzeugen, und fügt man mehr hinzu, so verdirbt man die schon entstandene Färbung. Die andere Probe ist die Hofmann'sche Tyrosinprobe. Sie besteht darin, dass man den für Tyrosin gehaltenen Körper in einer durch Salpetersäure sauren Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd kocht. Wenn wenig Tyrosin zugegen ist, färbt sich die Flüssigkeit nur rosenroth bis dunkelpurpurroth; wenn aber mehr Tyrosin vorhanden ist, dann scheiden sich aus der dunkelpurpurrothen Lösung reichliche rothe Flocken aus. L. Mayer stellt die Probe so an, dass er sich erst neutrales salpetersaures Quecksilberoxyd bereitet, indem er Salpetersäure auf überschüssiges Quecksilber einwirken lässt, und dieses zu der Tyrosinlösung hinzusetzt. Dann entsteht beim Aufkochen ein gelblichweisser Niederschlag, und nun mischt er zu Wasser etwas rauchende Salpetersäure hinzu und trägt diese verdünnte Salpetersäure tropfenweise ein. Wenn er nun aufkocht, dann entsteht wiederum dieselbe rothe Farbe, von der ich vorhin gesprochen habe, eventuell bei grösserer Menge von Tyrosin die rothen Flocken, welche sich ausscheiden. Er nimmt rauchende Salpetersäure, weil immer eine kleine Menge salpetrige Säure zugegen sein muss, und v. Vintschgau räth deshalb, wenn man die Probe nach Hofmann anstellen will, noch einen kleinen Krystall von salpetrigsaurem Kali hinzuzusetzen, um sich des Erfolges der Reaction zu vergewissern. Die rothe Verbindung, die bei dieser Reaction gebildet wird, scheint identisch zu sein mit der

rothen Verbindung, welche die Farbenreaction bedingt, die man erhält, wenn man Eiweisskörper mit sogenannter Millon'scher Flüssigkeit kocht.

Das Tyrosin ist von Erlenmeyer künstlich dargestellt, und wie L. v. Barth schon 1869 vermuthete, eine Parahydroxiphenylamidopropionsäure, und zwar nach Erlenmeyer die α-Amidosäure.

Das Indol $C_{16}\ H_{14}\ N_2$ gehört zu den Reductionsproducten, welche sich aus dem Isatin erhalten lassen, das wiederum aus Indigo mittelst Oxydation durch Salpetersäure dargestellt wird. Die Asparaginsäure $C_4\ H_7\ NO_4$ wird auch durch Zersetzung der Eiweisskörper mittelst Schwefelsäure und mittelst Brom erhalten und findet sich fertig gebildet in der Zuckerrübenmelasse. Sie heisst Asparaginsäure, weil sie zuerst aus dem in den Spargelkeimen enthaltenen Asparagin $C_4\ H_8\ N_2\ O_3$ erhalten wurde, indem man dasselbe mit Säuren kochte.

Die Secretion des Pankreassaftes steht nach den Beobachtungen von Bernstein unter dem Einflusse des Nervensystems. Während der Magenverdauung beginnt und steigert sich die Pankreassecretion, so dass ein reichliches Secret ergossen wird, wenn der Speisenbrei eben aus dem Magen in den Dünndarm übergeht. Zu dieser Zeit findet man auch das Infus, welches aus der Substanz der Drüse bereitet wird, wirksamer als zu andern Zeiten. Dagegen hemmt nach den Beobachtungen von Bernstein Erbrechen und selbst Würgen die Pankreassecretion vollständig, und es gelang ihm auch, dieselbe stillzustellen durch Reizung des centralen Vagusstumpfes, während die Reizung des peripheren Vagusstumpfes unwirksam war. Die Pankreassecretion scheint also unter dem doppelten reflectorischen Einflusse der Vagusfasern zu stehen, einmal von solchen, die die Pankreassecretion anregen, und das andere Mal von solchen, welche sie hemmen, welche sie sistiren.

Der Darmsaft (Succus entericus).

Das Secret der Brunner'schen Drüsen können wir uns, wie schon erwähnt, nicht im reinen Zustande verschaffen; es lässt sich deshalb auch über dessen chemische Zusammensetzung und über dessen physiologische Wirkung nichts sagen. Dagegen hat man sich zu wiederholten Malen den sogenannten Succus entericus, das Secret der Darmwand oder, wie man gewöhnlich annimmt, der Lieberkühn'schen Krypten im unvermischten Zustande verschafft. Man kann dies thun, indem man eine Darmschlinge abbindet, oder indem man ein Darmstück isolirt dadurch, dass man den Darm an zwei Stellen durchschneidet und mit Ausschluss des Zwischenstückes wieder zusammenheilt, oder aber dadurch, dass man Darmfisteln so anlegt, dass das Secret, welches aus dem oberen Theile des Dünndarms kommt, aus dem Körper herausfliesst, also die Flüssigkeit, die sich in dem unteren Theile ansammelt, nun reiner Succus entericus ist.

Die belehrendsten Beobachtungen und Versuche in Rücksicht auf den Menschen sind diejenigen, welche Busch in einer ausgezeichneten Krankengeschichte beschrieben hat. Ich habe Ihnen schon früher erwähnt, dass er auf der chirurgischen Klinik in Bonn Gelegenheit hatte, eine Person zu beobachten, welche von einem wüthenden Stiere auf die

Hörner genommen worden war, und welche im oberen Theile des Dünndarms eine derartige Darmfistel davongetragen hatte, dass der ganze Chymus, welcher aus dem Magen kam, nach aussen entleert wurde, und ebenso Galle, Pankreassaft und Secret der Brunner'schen Drüsen, und nichts davon in das untere Stück des Dünndarms hineingelangte. Obgleich diese Person grosse Mengen von Nahrungsmitteln durch den Mund zu sich genommen hatte, war sie doch so sehr abgemagert, dass man täglich ihrem Ende durch Inanition entgegensah. Der Grund davon war leicht einzusehen. Sie hatte die Nahrungsmitteln zu sich genommen, dieselben waren die Magenverdauung eingegangen, sie waren mit dem Pankreassafte und der Galle gemischt, aber das Stück Darmkanal, welches sie jetzt zu durchwandern hatten, war zu kurz gewesen, es hatte durch dasselbe nicht die hinreichende Menge von Nahrungsmitteln resorbirt werden können, es war deshalb der grösste Theil derselben wieder ungenützt ausgeleert worden. Busch kam deshalb auf den Gedanken, sie von dem unteren Stücke des Darmkanales aus zu ernähren, und stopfte deshalb flüssige und feste Nahrungsmittel in die in dasselbe führende und zu diesem Zwecke erweiterte Fistelöffnung. Die Person kam nach kurzer Zeit zu Fleisch und zu Kräften, und merkwürdiger Weise gelang es später sogar, sie im Gleichgewichte zu erhalten durch die Nahrung, welche man ihr durch den Mund gab. Dieses schnelle Wiederindiehöhekommen durch die Ernährung von der unteren Fistelöffnung aus weist an und für sich schon darauf hin, dass im Darmkanale verdaut werden kann, ohne Magensaft, ohne Pankreassaft, ohne Galle und ohne das Secret der Brunner'schen Drüsen, unter der blossen Wirkung des Succus entericus und derjenigen Zersetzungen, welche etwa freiwillig, unter Beihilfe von Mikroorganismen bei der Temperatur von 38^0 in den hineingebrachten Substanzen vor sich gehen. Busch hat nun die Wirkung des Succus entericus, welcher, wie er stets beobachtet hat, nur in verhältnissmässig geringer Menge abgesondert wird, auf die Nahrungsmittel untersucht. Er fand zunächst, was schon frühere Beobachter bei ihren Versuchen an Thieren gefunden, dass der Succus entericus in ziemlichem Grade das Vermögen habe, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Er steht hierin zwar hinter dem Pankreassafte zurück, hat aber noch immer das Vermögen in hinreichendem Grade, um die ganze gekochte Stärke der Nahrung in Dextrin und Zucker umzuwandeln. Zweitens fand er aber auch, dass der Succus entericus das Vermögen habe, geronnene Eiweisskörper aufzulösen. Busch füllte geronnenes Eiweiss in Tüllsäckchen und senkte diese an Fäden in die untere Fistelöffnung hinein, liess sie darin gegen fünf Stunden und nahm sie dann wieder heraus. Nachdem er vorher das feuchte Gewicht der hineingegebenen Eiweisskörper gewogen hatte und den trockenen Rest des gleichen Gewichtes von diesem Eiweiss bestimmt hatte, so bestimmte er jetzt wiederum den trockenen Rest des Rückstandes und er fand, dass der Gewichtsverlust 5, 6, 10, ja in den günstigsten Fällen sogar 35% der angewendeten Substanz betrug. Demant läugnet dagegen, dass der Darmsaft Eiweisskörper löse. Sollte sich diese seine Angabe bestätigen, so würde man annehmen müssen, dass bei der Kranken von Busch die Auflösung unter Mitwirkung von Bacterien zu Stande kam, was auch nach unseren jetzigen Kenntnissen keineswegs unwahrscheinlich ist. In den Beobach-

irten, das von der Flexura sigmoidea bis zum Hitze coagulirtes Hühnereiweiss noch wieder, en halben Monat im Darme verweilt hatte. rändert, nur an den Rändern benagt, morsch zt. Auch eine Einwirkung der Darmschleim-Eiweiss konnten sie nicht wahrnehmen. Der n den Dickdarm gelangt, schon sehr viel von verloren, auch ist in der Regel schon alles sorption kommt, resorbirt. Nur in Ausnahms-m aus noch Fette resorbirt. Vom Dickdarme eine bedeutende Menge von Flüssigkeit resor-sistenz des Chymus, während er durch den ächtlich vermehrt, und er sich im S Romanum menhängenden Massen ballt. Bei den Wieder-ilienfressenden Säugethieren überhaupt ver-ungsmittel sehr lange im Dickdarme. Diese es Coecum; das Coecum des Kaninchens hat es Magens dieses Thieres ziemlich gleich ist, r mit Nahrungsresten angefüllt. Bei diesem rme und namentlich im Coecum tritt ein Mitwirkung kleiner Organismen auf, und amen der Digestio secundaria. Es scheint rocess zu sein, indem Zersetzungsprocesse Substanzen, welche sich zersetzen, neben-ts findet Milchsäuregährung statt, es wird lass der Speisenbrei im Dickdarme wieder e Oberfläche des Dickdarms und also auch reagirt. Wenn man den Dickdarm öffnet ie Schleimhaut desselben legt, so findet irt, auch der Schleim, welcher sich auf efindet, reagirt alkalisch. Wenn man aber untersucht, so findet man saure Reaction, Reaction nicht herrührt vom Dickdarme n Zersetzungsprocesse, welcher im Speisen-etzen sich Eiweisskörper in einer Weise, ewöhnlichen Fäulniss, wie solche auch findet. Es werden bei diesem complicirten von Gasen gebildet, Kohlensäure, Gruben-gas und eine kleine Menge von Schwefel-ganz fehlt. Das sind die Dickdarmgase, ersetzungsprocess im Dickdarm entstehen, Menge sich entwickeln, dass dadurch eine rleibes entsteht. In Folge dieser compli-den immer noch lösliche Substanzen ge-wenn die Menge des aus dem Dickdarme ssern und beim Menschen, welche ein um und einen verhältnissmässig kurzen ross ist, wenigstens nicht gross im Ver-ührenden Substanzen, welche aus dem Auf diese Weise verarmen die Contenta

man sagt, die Flüssigkeit habe wenigstens $\frac{1}{28}$ von dem Gewichte betragen das sie hatte, ehe sie die Verletzung erlitt. Da nun die Menge von Flüssigkeit, welche normaler Weise binnen 24 Stunden aus dem unteren Ende des Darmkanals entleert wird, eine sehr geringe ist, so muss nahezu diese ganze Flüssigkeitsmasse auf dem Wege durch den Darmkanal resorbirt werden. Es ergibt sich daraus, dass ein förmlicher Kreislauf durch den Darmkanal existirt, dessen wesentliche Zuflüsse aus der Mundhöhle, dem Magen und dem Duodenum kommen, während der Abfluss auf der ganzen Strecke des Darmkanals stattfindet. Dieser Flüssigkeitsstrom, dieser Flüssigkeitskreislauf durch den Darm reisst die ernährenden Substanzen mit sich, welche aus dem Darmkanale durch die Chylusgefässe in die Säftemasse übergeführt werden sollen. Der Strom der secernirten Verdauungsflüssigkeiten ist auf seinem Rückwege zugleich der ernährende Resorptionsstrom.

Der Motus peristalticus.

Der Speisebrei wird fortgeführt im Dünndarme und später auch im Dickdarme durch den sogenannten Motus peristalticus. Derselbe besteht im Wesentlichen darin, dass sich an irgend einer Stelle eine Contraction bildet, welche nach abwärts über ein grösseres oder geringeres Stück des Darmkanals abläuft, während sich vor der Contractionswelle die Längsfasern des betroffenen Darmstückes zusammenziehen. Auf diese Weise wird der Inhalt oder vielmehr ein Theil des Inhalts des Darmes weiter nach abwärts befördert. Auch über den Motus peristalticus hat Busch an seiner Kranken eine Reihe von Beobachtungen angestellt. Die Gelegenheit dazu bietet sich aber auch manchmal in andern Fällen, namentlich an Individuen, welche an Diastase der Bauchmuskeln leiden, und welche zugleich sehr abgemagert sind, so dass nur eine dünne Decke über ihren Baucheingeweiden liegt. Da kann man die Windungen des Darmes ganz deutlich unter den Bauchdecken abgezeichnet sehen, und man kann die Bewegungen derselben verfolgen. Man sieht, dass oft lange Zeit Ruhe herrscht, dass dann local Bewegungen anfangen, dass eine Periode der Bewegung eintritt, dass darauf wieder Ruhe folgt u. s. w. Wenn keine Darmbewegungen vorhanden sind, so kann man dieselben durch äussere Reize hervorrufen, durch blosses Anlegen einer kalten Hand auf Stellen, welche vorher mit der Decke bedeckt waren. Die Bewegungen, welche man an Thieren beobachtet, denen man die Leibeshöhle geöffnet, sind im hohen Grade unregelmässig und sind durch verschiedene Ursachen bedingt, sie sind theils veranlasst durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft, theils durch das Aufhören der Circulation u. s. w.

Dickdarmverdauung.

Nachdem der Speisenbrei seinen Weg durch den Dünndarm gemacht hat, gelangt er in den Dickdarm. Das Secret der Schleimhaut desselben ist noch im Stande, Stärkekleister in Dextrin und Zucker überzuführen, scheint aber sonst nichts mehr für die Verdauung zu leisten. Es emulgirt kein Fett, und Czerny und Latschenberger, die an einem isolirten

Dickdarmstücke experimentirten, das von der Flexura sigmoidea bis zum After reichte, fanden durch Hitze coagulirtes Hühnereiweiss noch wieder, nachdem es zwei und einen halben Monat im Darme verweilt hatte. Es war äusserlich wenig verändert, nur an den Rändern benagt, morsch und von Bacterien durchsetzt. Auch eine Einwirkung der Darmschleimhaut auf lösliches, natives Eiweiss konnten sie nicht wahrnehmen. Der Speisenbrei hat, wenn er in den Dickdarm gelangt, schon sehr viel von seinen löslichen Substanzen verloren, auch ist in der Regel schon alles Fett, was überhaupt zur Resorption kommt, resorbirt. Nur in Ausnahmsfällen werden vom Dickdarm aus noch Fette resorbirt. Vom Dickdarme aus wird aber noch immer eine bedeutende Menge von Flüssigkeit resorbirt, so dass sich die Consistenz des Chymus, während er durch den Dickdarm hindurchgeht, beträchtlich vermehrt, und er sich im S Romanum und im Mastdarm zu zusammenhängenden Massen ballt. Bei den Wiederkäuern und bei den vegetabilienfressenden Säugethieren überhaupt verbleiben die Reste der Nahrungsmittel sehr lange im Dickdarme. Diese Thiere haben ein sehr grosses Coecum; das Coecum des Kaninchens hat eine Capacität, welche der des Magens dieses Thieres ziemlich gleich ist, und dieses Coecum ist immer mit Nahrungsresten angefüllt. Bei diesem langen Verweilen im Dickdarme und namentlich im Coecum tritt ein Zersetzungsprocess unter der Mitwirkung kleiner Organismen auf, und diese Zersetzung führt den Namen der Digestio secundaria. Es scheint das ein sehr complicirter Process zu sein, indem Zersetzungsprocesse verschiedener Art, je nach den Substanzen, welche sich zersetzen, nebeneinander hergehen. Einerseits findet Milchsäuregährung statt, es wird so viel Milchsäure gebildet, dass der Speisenbrei im Dickdarme wieder sauer wird, obgleich die innere Oberfläche des Dickdarms und also auch das Secret derselben alkalisch reagirt. Wenn man den Dickdarm öffnet und ein Lakmuspapier auf die Schleimhaut desselben legt, so findet man, dass diese alkalisch reagirt, auch der Schleim, welcher sich auf der Oberfläche der Contenta befindet, reagirt alkalisch. Wenn man aber die Contenta selbst im Innern untersucht, so findet man saure Reaction, ein Zeichen, dass die saure Reaction nicht herrührt vom Dickdarme und seinem Secrete, sondern vom Zersetzungsprocesse, welcher im Speisenbrei statthat. Ausserdem zersetzen sich Eiweisskörper in einer Weise, die nahe verwandt ist der gewöhnlichen Fäulniss, wie solche auch ausserhalb des Organismus stattfindet. Es werden bei diesem complicirten Zersetzungsprocesse eine Reihe von Gasen gebildet, Kohlensäure, Grubengas (CH_4), Wasserstoffgas, Stickgas und eine kleine Menge von Schwefelwasserstoff, welche aber häufig ganz fehlt. Das sind die Dickdarmgase, welche durch den freiwilligen Zersetzungsprocess im Dickdarm entstehen, und welche häufig in solcher Menge sich entwickeln, dass dadurch eine mächtige Auftreibung des Unterleibes entsteht. In Folge dieser complicirten Zersetzungsprocesse werden immer noch lösliche Substanzen gebildet, die resorbirt werden, wenn die Menge des aus dem Dickdarme Resorbirten bei den Fleischfressern und beim Menschen, welche ein verhältnissmässig kleines Coecum und einen verhältnissmässig kurzen Dickdarm haben, auch nicht gross ist, wenigstens nicht gross im Verhältniss zu der Menge der nährenden Substanzen, welche aus dem Dünndarme resorbirt werden. Auf diese Weise verarmen die Contenta

immer mehr an Wasser und an löslichen Substanzen, und was schliesslich übrig bleibt, sind die Faeces. Woraus bestehen die Faeces? D Faeces bestehen aus den unverdauten, nicht resorbirbaren Resten de Nahrungsmittel und aus deren nicht resorbirbaren oder doch nicht resor birten Zersetzungsproducten. Unter diesen hat namentlich das Skatol ($C_9 H_9 N_1$, Nencki) in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Es ist den Chemikern als letztes Fäulnissproduct der Eiweisskörper bekannt, und seine Anwesenheit in den Faeces gibt somit Zeugniss dafür, dass schon im Darmkanal ein Theil der Eiweisskörper so weit zersetzt wird, dass an ein Wiederumzusammentreten der Zersetzungsproducte, an eine Regeneration zu histogenetischen Substanzen nicht zu denken ist. Ferner bestehen die Faeces aus den unlöslich gewordenen Resten der Verdauungsflüssigkeiten, namentlich aus den unlöslichen Gallensubstanzen, und endlich aus abgestossenen Epithelien, Mucin, welches aus den Schleimdrüsen des Tractus intestinalis stammt u. s. w.

Schlussbemerkungen.

Wenn wir jetzt noch einmal einen Blick auf die Nahrungsmittel und ihre Schicksale im Darmkanale werfen, so sehen wir, dass die Fette in Emulsion übergeführt und im normalen Zustande ziemlich vollständig resorbirt werden, wenigstens dann, wenn sie nicht in grossem Uebermasse eingeführt worden sind. Sie werden dann schon resorbirt im Dünndarme, oft schon im Jejunum, so dass das untere Ende des Ileums schon fettfreien Chylus resorbirt. Es ist deshalb ein Vorurtheil, wenn man Fette an und für sich für schwer verdauliche Substanzen hält. Schwer verdaulich, d. h. relativ schwer in den resorbirbaren Zustand überzuführen, sind gewisse gemengte Fette durch die Höhe des Schmelzpunktes einzelner Gemengtheile. Im Uebrigen aber beruht das, was man gegen die Fette gesagt hat, auf einem Vorurtheil. Fett kann, wenn es im Uebermasse genossen wird, oder bei schlechter Verdauung Unbequemlichkeit im Magen machen, es können sich Fettsäuren im Magen bilden, ranziges Aufstossen u. s. w. entstehen. Es kann weiter bei geschwächten Individuen, oder wenn es im Uebermasse genossen wird, wenn es nicht resorbirt wird, zu einer vorübergehenden Diarrhöe Veranlassung geben. Die weiteren secundären Nachtheile aber, die man dem Fette zuschreibt, existiren nicht. Es ist fast komisch anzusehen, wie manchmal Mütter ihren Kindern ängstlich Fett vorenthalten, weil es ihnen unreine Haut, Ausschläge u. s. w. erzeugen könne, während die Kinder, wenn sie thatsächlich voller Grind sind, Leberthran als Heilmittel löffelweise nehmen müssen.

Für die Stärke gibt es drei Verdauungssäfte, welche sie in Dextrin und Zucker umwandeln und somit ihre Verdauung einleiten, den Speichel, den Pankreassaft und den Succus entericus. Ausserdem haben wir aber gesehen, dass, abgesehen von irgend welcher Einwirkung der Verdauungssäfte, die Milchsäuregährung, welche im Tractus intestinalis stattfindet als solche die Stärke in Dextrin und demnach in Zucker und dann in Milchsäure umsetzt. Die gekochte Stärke, wenn sie nicht in so compacte Massen in den Magen hineinkommt, dass sie überhaupt gar nicht vo

Flüssigkeit durchdrungen werden kann, kann also niemals unverdaut irgendwo im Darmkanale liegen bleiben. Selbst wenn weder Magensaft noch Pankreassaft, ja selbst wenn der Speichel nicht abgesondert würde, so könnte zwar die Verdauung der Stärke verzögert werden, schliesslich müsste sie aber doch schon durch die blosse Berührung mit der Darmwand und somit mit dem Succus entericus und ausserdem durch die Milchsäuregährung, durch den Gährungsprocess, welcher im Magen und im Darmkanale vor sich geht, endlich verdaut und zur Resorption gebracht werden. Daraus erklärt es sich, dass in krankhaften Zuständen, in denen weder grössere Mengen von Fett, noch grössere Mengen von Eiweisskörpern, namentlich von Eiweisskörpern in compactem Zustande, verdaut werden, dass in solchen noch Kohlehydrate verdaut und Kohlehydrate ohne Nachtheil genossen werden. Andererseits wird aber die Stärke, auch die gekochte Stärke, niemals ganz vollständig verdaut. Von der rohen Stärke ist es längst bekannt, dass Thiere, welche dieselbe zu sich nehmen, z. B. die Pferde, in ihren Faeces eine grosse Menge von unverdauter Stärke haben. Voit hat aber auch bei Hunden nachgewiesen, dass durch den Genuss von gekochter und gebackener Stärke, von Brod, immer die Menge der Faeces sehr vermehrt wird, so dass bei Brodnahrung eine viel grössere Menge von Faeces abgeht als bei Fleischnahrung. Eine analoge Beobachtung ist auch an Menschen gemacht worden. Menschen, welche sich der Bantingkur unterziehen, welche, um ihre Fettleibigkeit los zu werden, sich des Fettes und der Kohlehydrate möglichst enthalten und sich fast ausschliesslich von Fleisch nähren, bekommen entweder nach kurzer Zeit Diarrhöe, und dann müssen sie die Kur abbrechen; wenn dies aber nicht der Fall ist, so vermindert sich die Menge ihrer Faeces in auffallender Weise. Damit hängt es zusammen, dass die Einen behaupten, die Bantingkur mache ihnen Diarrhöe, die Andern sagen, sie seien bei der Bantingkur verstopft. Der Grund dieser anscheinenden Verstopfung liegt meistens darin, dass die Menge der Faeces, welche im Darmkanale gebildet wird, viel geringer ist als bei der gewöhnlichen gemischten Nahrung. Der Rest, der bei der Stärke zurückbleibt, kommt offenbar auf Rechnung desjenigen Bestandtheils der Stärke, welchen Naegeli mit dem Namen der Cellulose bezeichnet hat. Denn wir haben gesehen, dass die Granulose zuerst verdaut und umgewandelt wird, und dass auch die Erythrogranulose beim Uebergange in den Dünndarm umgewandelt wird, indem hinterher auch keine Reaction auf Erythrogranulose zu finden war. Es ist zwar die Cellulose an und für sich für den Menschen nicht durchaus unverdaulich, wenn er auch nicht so viel davon zur Verdauung und zur Resorption bringt, als dies bei den grasfressenden Säugethieren der Fall ist: aber doch bleibt von der Stärke ein bedeutender Rest zurück, welcher nur Cellulose sein kann.

Von den Zuckern, welche wir in uns hineinbringen, bleibt begreiflicher Weise kein solcher Rest zurück. Wir können aber nicht etwa die Stärke als Nahrungsmittel durch Zucker ersetzen wollen, denn der Zucker kann gar nicht in einer solchen Quantität genossen werden wegen der anderweitigen Unordnungen, welche er im Darmkanal hervorruft, theils durch die starke Anziehung zum Wasser, welche Zucker in Substanz, und welche concentrirte Zuckerlösung hat, theils durch die Leichtigkeit, mit

welcher er die Milchsäuregährung eingeht. Es ist bekannt, dass Zucker im Magen die Säure sehr rasch vermehrt, während Stärke sie nur sehr langsam vermehrt. Das beruht darauf, dass der Zucker, wenn er als solcher fertig in den Magen hineingebracht wird, gleich in Masse die Milchsäuregährung eingehen kann, während die Stärke, in den Magen gebracht, nur sehr allmälig Veranlassung zur Bildung von Milchsäure geben kann, nämlich in dem Grade, als sie erst in Dextrin, dann in Zucker und endlich in Milchsäure umgesetzt wird. Es beruht deshalb auf einer verkehrten theoretischen Anschauung, wenn man die Leute fett machen oder ernähren will dadurch, dass man ihnen grosse Mengen von Zucker gibt, und dass man sie mager machen will, indem man ihnen den Zucker als solchen entzieht. Die Mengen von Zucker sind es nicht, welche das Fett- und Magerwerden bedingen, weil überhaupt der Zucker auf die Dauer nicht in solchen Quantitäten hineingebracht wird und hineingebracht werden kann, dass er der Stärke gegenüber wesentlich in Betracht kommt. Wenn man Zucker in zu grossen Mengen einführt — davon kann man sich auch an Thieren überzeugen — tritt oft Diarrhöe und in Folge davon Abmagerung ein.

Was die dritte Gruppe der Nahrungsmittel, die Eiweisskörper, anlangt, so werden sie so ziemlich vollständig verdaut, so dass ein verhältnissmässig sehr kleiner Rest zurückbleibt. Die Schlangen verdauen bekanntlich die Fleischnahrung so vollständig, dass in ihren Faeces fast nur Harnbestandtheile abgehen, und der eigentliche Rückstand der Magen- und Darmverdauung ein äusserst geringer ist. Auch die Raubvögel verdauen, nachdem sie die für sie unverdaulichen Substanzen, Federn, Haare, Knochen durch Erbrechen ausgestossen haben, das Uebrige sehr vollkommen. Auch die fleischfressenden Säugethiere und die Menschen verdauen den grössten Theil des Fleisches bis auf die elastischen Fasern, welche unverdaut abgehen. Auch diese sind nach Etzinger nicht ganz unverdaulich; sie waren nach zehntägiger Digestion mit künstlicher Verdauungsflüssigkeit grösstentheils aufgelöst. Ebenso wurde Knorpel künstlich grösstentheils verdaut, und bei Hunden konnte durch Knorpelfütterung die Menge des Harnstoffs gesteigert werden. Es wurde also sicher ein Theil derselben resorbirt und verwerthet. Die Menge der Faeces bei Fleischnahrung bei Fleischfressern und beim Menschen ist deshalb eine verhältnissmässig geringe. Aber das Fleisch und die geronnenen Eiweisskörper überhaupt verlangen unnachsichtlich die Wirkung der Verdauungssäfte. Sie unterliegen nicht wie die Kohlehydrate durch sogenannte spontane Zersetzung demselben Processe, den sie bei der Verdauung durchmachen. Darum gilt geronnenes Hühnereiweiss, welches in grossen Stücken in den Magen hineingebracht wird, im Allgemeinen als schwer verdaulich, weil es durch die Wirkung des Magensaftes allmälig von der Oberfläche her aufgelöst werden muss. Auch das Fleisch muss der Wirkung des Magensaftes unterliegen, zunächst damit das Bindegewebe verdaut wird, welches dasselbe zusammenhält, und dann ein Theil der Eiweisskörper, während ein Theil der Muskelfasern noch in den Dünndarm übergeht und hier weiter verändert wird. Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Bindegewebe in dem Zustande, in welchem wir es geniessen, im gekochten oder gebratenen Zustande, wo es doch immer vorher der Hitze ausgesetzt worden ist, leichter der

Verdauung unterliegt als die Muskelfasern selbst. Damit hängt es offenbar zusammen, dass Leute, welche kein Fleisch mehr vertragen, noch andere eiweissartige Substanzen, z. B. Hirn oder Thymus, vertragen können. Ich habe einen alten Mann von 81 Jahren gekannt, der übrigens vollkommen gesund war, der aber kein Fleisch mehr verdauen konnte. Um sich die eiweissreiche thierische Nahrung nicht gänzlich zu entziehen, wechselte er fortwährend mit Hirn, Thymus, weicher Geflügelleber u. s. w. Er verdaute eben das durch die Zubereitung schon halb in Leim umgewandelte Bindegewebe dieser Substanzen und konnte dann noch einen Theil der nun in sehr fein vertheiltem Zustande in seinem Darmkanale befindlichen Eiweisskörper zur Resorption bringen. Vor Allem muss man festhalten, dass es wesentlich die Magenverdauung ist, welche so zu sagen zunächst die gröbste Arbeit an der Fleischnahrung thut, und das ist auch offenbar der Grund, weshalb thierische Nahrung, namentlich thierische Nahrung im compacten Zustande, Fleisch in Stücken, in krankhaften Zuständen, namentlich in fieberhaften, nicht vertragen wird, wo Kohlehydrate oft noch leicht vertragen werden, und wo Eiweisskörper im fein vertheilten Zustande, z. B. als Eidotter, Milch u. s. w., auch noch vertragen und verdaut werden.

Die Resorption.

Was wird nun von den Nahrungsmitteln resorbirt? Die Fette werden grösstentheils in Substanz und in Gestalt einer Emulsion resorbirt. Wir haben gesehen, dass nur ein kleiner Theil derselben zersetzt wird, Seifen bildet, und dass diese Seifen als Mittel dienen, um das übrige noch unzersetzte Fett in Emulsion zu erhalten und zur Resorption zu bringen. Wir werden sehen, dass wir den Weg der einzelnen Fetttröpfchen vollständig verfolgen können.

Von den Kohlehydraten werden resorbirt der Zucker, welchen wir im Chylus und im Blute nachweisen können, es werden resorbirt milchsaure Salze, indem die gebildete Milchsäure sich im Dünndarme mit den dort zur Disposition stehenden Basen verbindet und leicht lösliche milchsaure Salze bildet. Es wird wahrscheinlich auch Dextrin, namentlich Achroodextrin resorbirt, es fehlt darüber aber an einer entscheidenden Untersuchung, weil man, um die Dextrine im Chylus nachzuweisen, grössere Mengen von Material gebraucht, und es grosse Schwierigkeiten hat, sich grosse Mengen von reinem Chylus zu verschaffen. Das Achroodextrin ist an sich schwer nachweisbar, und das Erythrodextrin ist deshalb als Bestandtheil thierischer Organe und thierischer Flüssigkeiten schwer nachweisbar, weil es seine charakteristische Reaction, die rothe Färbung mit Jod, mit dem Glycogen gemein hat. Man hat im Blute kleine Mengen einer Substanz gefunden, welche sich mit Jod roth färbte und offenbar ein Kohlehydrat war, von der es sich aber wegen der geringen Menge, in welcher sie vorhanden war, nicht entscheiden liess, ob sie Glycogen oder Erythrodextrin sei.

Von den stickstoffhaltigen Substanzen wird, wie bereits erwähnt, der Leim weiter verändert, verliert seine Gerinnbarkeit und wird wahrscheinlich in diesem Zustande resorbirt. Man weiss über seine weiteren

Schicksale nichts. Von den Eiweisskörpern nahm man, wie gesagt, frül an, dass sie nur als Peptone resorbirt würden. Wir haben den Begi der Peptone so gefasst, dass wir Eiweisskörper noch jene Substanz nennen, welche durch Blutlaugensalz aus ihren sauren Lösungen gefä werden, dagegen diejenigen Abkömmlinge derselben, welche noch nic krystallisiren und noch durch Tannin gefällt werden, aber nicht me durch Blutlaugensalz aus sauren Lösungen gefällt werden, als Peptoi bezeichnen. Dass nun Eiweisskörper im eigentlichsten Sinne des Worti resorbirt werden, davon kann man sich auf verschiedene Weise übe zeugen. Als ich mich vor einer Reihe von Jahren mit der Untersuchun der Chylusgefässe beschäftigte und vor Allem auf natürlichem We angefüllte Chylusgefässe zu erhalten suchte, bemerkte ich, dass man z nichts gelangt, wenn man die Thiere unmittelbar nach dem Tode öffne weil dann die Muskelfasern in den Zotten und der Schleimhaut, un auch die subperitonäalen Muskellager sich zusammenziehen und den Chyl aus den ersten Anfängen der Chylusgefässe, die uns ja gerade inte essiren, hinaustreiben. Ich liess deshalb die Thiere 48, manchmal auc nur 24 Stunden in einem kalten Raume liegen und öffnete sie er dann. Nun erreichte ich meinen Zweck, jetzt waren die Muskelfase abgestorben, zugleich fand ich aber auch ganz in der Regel den Chyl vollständig zu einer käsigen Masse geronnen. Wenn ich mit eine Lakmuspapier die Reaction untersuchte, so fand ich sie sauer. Es wa also hier offenbar unter dem Entstehen der sauren Reaction ein fällbar Eiweiss herausgefällt worden. Da es meist saugende Thiere waren, denen ich arbeitete, so war es klar, dass dies das Casein der Mil sei, welches sie resorbirt hatten, und welches beim Sauerwerden d Reaction nun herausgefällt wurde, in ganz ähnlicher Weise, wie es sich der Milch ausscheidet, wenn dieselbe sauer wird. Nun haben wir ab früher gesehen, dass, wenn man durch einen Thoncylinder Milch filtri dann erst das lösliche Eiweiss hindurchgeht, und dass das Casein zurüc bleibt. Das Casein der Milch ist also schwerer filtrirbar als das löslic Eiweiss der Milch. Es konnte also keinem Zweifel unterliegen, dass hi lösliches Eiweiss, so weit es in der Milch vorhanden war, mit resorb wurde, denn durch Oeffnungen, durch welche das Casein hindurchgegang war, war sicher auch das lösliche Eiweiss hindurchgegangen. Uebrige handelt es sich gar nicht um Wege von einer solchen Feinheit, dass Eiweissmolekül nicht hindurchgehen könnte, da ja die Fettkugeln in Su stanz hindurchgehen. Man findet auch immer im Chylus, wenn Eiwei körper genossen werden, nicht nur wenn Milch genossen ist, sowohl fä bares als lösliches Eiweiss, wovon man sich überzeugen kann, wenn m den Chylus auffängt und ihn mittelst Ansäuerns und mittelst Erwärme untersucht. Auch wenn keine Milch genossen wurde, enthält der Chy meist so viel fällbares Eiweiss, dass er beim Sauerwerden des Dar inhaltes freiwillig gerinnt, und oft ebenso compact gerinnt, als we Milch genommen worden wäre. Man kann also nicht daran zweife dass beide Arten des Eiweisses, soweit sie im Dünndarme vorhanc sind, resorbirt werden. Die Schwerfiltrirbarkeit des Eiweisses, dur welche man früher zu der Idee gekommen ist, dass dasselbe als solcl nicht resorbirt werden könne, ist keineswegs allem Eiweiss gleichmäs eigen. Das Hühnereiweiss, welches durch theilweise Gerinnung

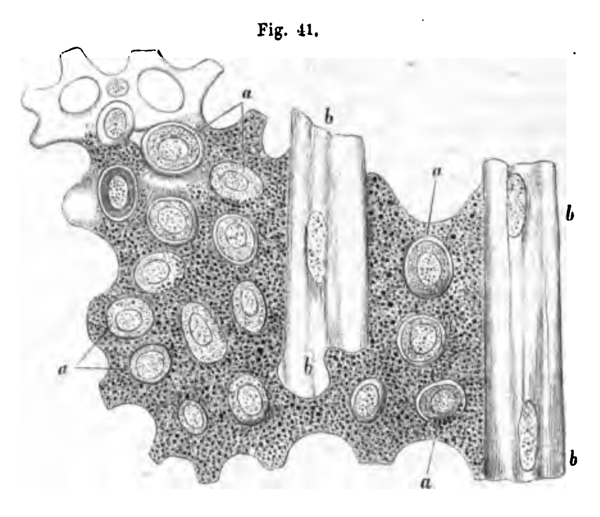
gelatinösen Massen durchsetzt ist, ist allerdings schwer filtrirbar, auch das Serumeiweiss ist ziemlich schwer filtrirbar, aber z. B. das lösliche Eiweiss, welches in der Milch enthalten ist, ist, wie wir gesehen haben, verhältnissmässig leicht filtrirbar, und ebenso ist das reine Wurz'sche Eiweiss leicht filtrirbar. Auch das lösliche Eiweiss, das sich bei der Magenverdauung bildet, oder vielmehr, welches bei der Magenverdauung verbleibt, ist leicht filtrirbar. Wenn man mit einer künstlichen Verdauungsflüssigkeit rohes Fleisch verdaut und gleich nach der Auflösung oder noch vor der völligen Auflösung desselben die Flüssigkeit abfiltrirt, nahezu neutralisirt, vom Niederschlag abfiltrirt und die nur schwach sauer reagirende Flüssigkeit jetzt erhitzt, so bekommt man eine reichliche Ausscheidung von Eiweiss. Wenn man aber von derselben Flüssigkeit, von welcher man eine Probe erhitzt hat, etwas filtrirt, so kann man sehen, dass sie mit grosser Leichtigkeit, ähnlich wie eine Wurz'sche Eiweisslösung, durch das Filtrum hindurchgeht. Es wird also von den Eiweisskörpern resorbirt fällbares Eiweiss, zunächst durch Säuren verändertes fällbares Eiweiss, das sich mit Hilfe der Alkalien im Dünndarme wieder gelöst hat, und lösliches Eiweiss, soweit es im Darmkanale vorhanden ist. Ausserdem können natürlich die weiter gebildeten löslichen Producte resorbirt werden und werden resorbirt. Inwieweit dieselben nach der Resorption noch wieder die Eigenschaften von nativem Eiweiss annehmen oder gewebebildend und gewebeernährend auftreten, und inwieweit sie unmittelbar der weiteren Zersetzung anheimfallen, muss erst durch weitere Versuchsreihen ermittelt werden.

Eine weitere Frage ist: Wo wird resorbirt? Wir haben gesehen, dass im Dickdarme Flüssigkeit in bedeutender Menge resorbirt wird. Bauer hat nachgewiesen, dass nicht nur Flüssigkeit, sondern selbst gelöste Stoffe, ja selbst Eiweisskörper im Dickdarme resorbirt werden. Er spritzte in den Dickdarm sogenannte Peptonlösung, er spritzte in den Dickdarm auch eine Lösung von Eiweiss mit Kochsalz ein, bei Thieren, welche er vorher so weit hatte fasten lassen, dass die Harnstoffmenge, welche sie ausschieden, constant geworden war, und er fand, dass dann sogleich die Menge des Harnstoffes, welche sie binnen 24 Stunden ausschieden, nicht unbeträchtlich, um 6 und auch um 8 Gramm, zunahm. Daraus ging hervor, dass sie wirklich nicht nur Flüssigkeit, sondern auch Eiweiss resorbirt hatten. Czerny und Latschenberger fanden gleichfalls, dass lösliches Eiweiss im Dickdarm resorbirt wurde. Auch Stärkekleister kam zur Aufsaugung, offenbar nachdem er vorher durch das Secret der Schleimhaut in Dextrin und Zucker verwandelt worden war. In seltenen Fällen findet auch Fettresorption im Dickdarme statt, das heisst, man hat Chylusgefässe, welche vom Dickdarme ausgingen, mit fetthaltigem Chylus gefüllt gesehen. In der Regel ist dies nicht der Fall, in der Regel kommt die ganze Fettresorption auf den Dünndarm. Das Fett von Emulsionen, welche Czerny und Latschenberger direct in den Dickdarm brachten, wurde theilweise resorbirt. Im Magen wird niemals Fett resorbirt, weil das Fett im Magen in der sauren Flüssigkeit nicht in Emulsion, nicht in resorptionsfähigen Zustand kommt, vielleicht auch noch aus andern Gründen. Sonst aber findet im Magen mitunter eine reichliche Resorption statt. Man findet manchmal, wenn man Thiere während der Verdauung tödtet, die Lymphgefässe auf der Oberfläche des

Magens in ähnlicher Weise strotzend gefüllt, wie die Chylusgefässe, welche vom Dünndarme kommen, aber mit einer farblosen durchsichtigen Flüssigkeit. Es ist dies indessen nicht häufig; was hier resorbirt wird, ist unbekannt. Die Hauptresorption findet im Dünndarme statt, indem hier am reichlichsten die Verdauungsproducte aus allen drei Hauptgruppen der Nahrungsmittel resorbirt werden. Die Kanäle, durch welche dies geschieht, sind die Chylusgefässe. Früher, ehe man die Chylusgefässe kannte, glaubte man, dass die Blutgefässe des Darms die Nahrung resorbiren. Später, nachdem die Chylusgefässe entdeckt waren, nachdem man sie mit einer milchigen Flüssigkeit angefüllt gefunden hatte, schrieb man natürlich ihnen die Hauptthätigkeit bei der Resorption zu. Es wurde aber ein Versuch gemacht, welcher beweisen sollte, dass es doch eigentlich die Blutgefässe seien, welche resorbiren. Man brachte Blutlaugensalz in den Darm und untersuchte, ob man dies früher wiederfinde im Blute der Vena jugularis oder im Ductus thoracicus. Man fand es regelmässig früher in der Vena jugularis und schloss hieraus anfangs mit einem Scheine von Recht, dass es wesentlich die Blutgefässe seien, welche resorbiren. Dieser Schluss war unrichtig. Eine gelöste Substanz kann allerdings durch die Blutgefässe schneller verbreitet werden als durch die Chylusgefässe, denn das Blut kreist im Körper, es nimmt durch Diffusion, durch sogenannte Endosmose, im Darmkanal etwas von dem Blutlaugensalze auf und ist in sehr kurzer Zeit darauf in der Vena jugularis. Hier kann dieses Blutlaugensalz dann nachgewiesen werden, während das Blutlaugensalz, welches in die Chylusgefässe hineingeht, den langsamen Gang des Chylus verfolgt, bis es im Ductus thoracicus anlangt, einen Gang, welcher um so langsamer ist, je weniger das Thier gefüttert ist, je weniger es resorbirt. Aber nichtsdestoweniger geht der grosse Strom der ernährenden Flüssigkeiten nicht durch die Blutgefässe, sondern durch die Chylusgefässe. Die Blutgefässe sind ganz ungeeignet dazu, grössere Mengen von nährenden Substanzen aufzunehmen, denn die Blutgefässe können nur auf dem Wege der Diffusion aufnehmen. Sie werden mit Begierde Salze aufnehmen, welche in den Darmkanal hineingebracht werden, und welche nicht, oder doch nicht in ähnlicher Menge im Blute enthalten sind. Es wird auch Zucker auf dem Wege der Endosmose in die Blutgefässe aufgenommen, wenn auch nicht in verhältnissmässig grosser Menge. Aber Eiweisskörper befinden sich im Blute, und wenn sie sich auch ausserhalb der Gefässe befinden, so ist damit keine Anregung zu einem Diffusionsprocesse gegeben. Fette gehen gar nicht durch die Wandungen der Blutgefässe hindurch, werden von denselben gar nicht aufgenommen. Zudem findet in den Blutgefässen ein Druck statt, welcher immer im Innern der Gefässe grösser ist als ausserhalb derselben, so dass im Ganzen keine Aufnahme von Material, sondern im Gegentheile eine Ausscheidung von Material stattfindet. Ganz anders verhält es sich mit den Chylusgefässen. Es geht ein beständiger Strom in die Chylusgefässe hinein und zum Ductus thoracicus hin, und wir werden sehen, dass dieser Strom nicht ein Diffusionsstrom ist, sondern dass dieser Strom eine Filtration ist, und zwar eine Filtration durch ein Filtrum, dessen Poren weit genug sind, dass sogar ungelöste Körper, die kleinen Fettkügelchen des Chylus, hindurchgehen.

Wir haben uns jetzt näher mit den Wegen zu beschäftigen. Es ist unächst für Jeden, der ein Thier in der Resorption untersucht, deutlich, uss die einzelnen Cylinderzellen sich vollständig mit Fett anfüllen. ass Fettkörnchen in dieselben hineinkommen, das ist an sich nicht thselhaft, weil sich an ihrer der Darmhöhle zugewendeten Seite keine llenmembran befindet, sondern nur das sogenannte Stäbchenorgan, welches n Protoplasma direct aufsitzt. Welchen Weg die Fetttröpfchen durch das bchenorgan hinch nehmen, wis- wir bis jetzt ht. Wir bemerken ar ab und zu einne Fetttröpfchen erhalb des Saumes, r ohne genauer e Lage angeben zu men; die meisten ttröpfchen liegen Protoplasma der le. Von den Epilzellen gehen sie er in das Stroma r Zotte. Offenbar ss die Epithelzelle, wie sie oben eine ffnung hat, auch ten, da, wo sie in die Zotte eingepflanzt ist, eine Oeffnung haben, rch welche die Fetttröpfchen wieder heraustreten können. Bisweilen ht man auch hier eine Stelle, an welcher ein kleiner Zapfen von otoplasma heraushängt. Man kennt jedoch dieses untere Ende der lle nicht so genau, wie das obere freie Ende derselben. Demnach llt sich nun das ganze Zottengewebe mit Fetttröpfchen an, so dass e ganze Zotte im auffallenden Lichte weiss und im durchfallenden chte unter dem Mikroskope schwarz erscheint. Nach den Unterchungen, die v. Basch im hiesigen Laboratorium angestellt hat, besteht Zottengewebe aus einem Gerüste, das rundliche Räume hat, in denen kte, verhältnissmässig grosse runde Zellen (*a*, *a*, *a* Fig. 41) liegen, d dieses Gerüst, das von den Längsmuskelbündeln der Zotte (Fig. 41) durchsetzt wird, hat offenbar Hohlräume: denn erstens lässt es sich löslichem Berlinerblau injiciren, und zweitens füllt es sich zur Zeit Resorption ganz dicht mit Fetttröpfchen, wie dies Fig. 41 zeigt. schwarzen Punkte sind die Fetttropfen, dieselben waren in den parationen von v. Basch mittelst Ueberosmiumsäure schwarz gefärbt rden. Sie müssen natürlich sich ein solches Gerüst nicht hart und nachgiebig vorstellen, denn die ganze Zotte ist ja weich, also muss ch dieses Gerüst verhältnissmässig weich und mit Flüssigkeit imbirt sein.

Fig. 41.



Aus diesem Gerüste des Zottenparenchyms gelangt der Chylus in n inneren Zottenraum, welcher vom Zottenparenchym unmittelbar berenzt wird. Insofern, als der innere Zottenraum der erste gefässartige

Raum ist, in welchen der Chylus hineingelangt, kann man ihn als d(Anfang des Chylusgefässsystems betrachten. Es sind auch nach Injectic mit Silberlösung Zeichnungen an seiner Begrenzung beobachtet worde: die als Grenzlinien von Endothelzellen gedeutet werden. Die eigentliche Chylusgefässe aber mit selbstständigen Wandungen beginnen erst, wie wi später sehen werden, an der Grenze von Schleimhaut und submucösen Muskellager. Der innere Zottenraum geht nach unten über in eine Er weiterung, die sich namentlich dann sehr deutlich auszeichnet, wenn die Zotte sich schon zusammengezogen und so diese untere Erweiterung mit Chylus gefüllt hat. Wenn die Muskelfasern der Darmzotte sich zusammenziehen, so runzelt sie sich der Quere nach und bekommt dadurch quere Einkerbungen, wie eine Oestruslarve. Man hat deshalb diesen Zustand das östruslarvenartige Aussehen der Zotte genannt. Dabei wird begreiflicher Weise der innere Zottenraum verkleinert, und die Folge davon is' nun, dass sich der Chylus in dem weiteren Theile unter der Zotte anhäuft. Wenn sich dann die Zotte wieder ausdehnt und sich oben wiede: mit Chylus füllt, so steht der dünnere obere Theil des Raumes, de: innere Zottenraum im engeren Sinne des Wortes, wie ein Flaschenhal: auf dem unteren erweiterten Theile. Deshalb ist dieser Theil von den älteren Nathanael Lieberkühn mit dem Namen der Ampulle beleg worden. Manche Autoren haben irrthümlich Lieberkühn's Ampulle ai der Spitze der Zotte gesucht. Wenn man den Originaltext nachliest, s(kann man nicht darüber im Zweifel sein, dass sie, wenigstens der Körpe: derselben, unter der Zotte liegt. Jede Ampulla ist in Verbindung mit einem kleinen Chylusgefässe, das unter ihr das submucöse Muskellage: durchbohrt. Die Zotten sind aber keineswegs die einzigen Theile der Darmschleimhaut, welche sich mit Chylus füllen. Wenn ein Thier eine nicht zu grosse Menge von Fett resorbirt, so sieht man allerdings die Zotten wie weisse Härchen auf dem mehr durchscheinenden Grunde stehen; wenn aber ein Thier grosse Mengen von Fett resorbirt hat, so ist die ganze Schleimhaut weiss und undurchsichtig, und wenn die Blutgefässe der Zotten stark gefüllt sind, so kann es geschehen, dass man die Zotten als rothe Härchen auf weissem Grunde sieht. Wenn man eine solche Schleimhaut mit Glycerin oder mit einer concentrirten Lösung von Kalialbuminat, die man so weit neutralisirt hat, als es geschehen kann, ohne das Eiweiss auszufällen, durchsichtig macht: so findet man, dass das ganze Gewebe der Schleimhaut, welches zwischen den Lieberkühn'schen Krypten liegt, in ganz ähnlicher Weise, wie das Zottenparenchym, vollständig mit Fettkörnchen durchsetzt ist. Nur das Cylinderepithel der Lieberkühn'schen Krypten ist frei von Fett. Selbst die solitären Drüsen und, wenn die Fettresorption recht reichlich ist, auch die Peyer'schen Drüsen sind mit Fettkörnchen durchsetzt, die Sinus de: letzteren oft strotzend mit milchweissem Chylus gefüllt. Im Zustande de: vollen und reichlichen Resorption ist also die ganze Schleimhaut gewisser massen ein Sumpf, der mit Chylus statt mit Wasser gefüllt ist, und au dem die Chylusgefässe wie Ableitungsröhren den Chylus in die Gefäss des submucösen Bindegewebes, der sogenannten Tunica nervea der ältere Anatomen, und dann in die Gefässe des Mesenteriums hineinführe: Wenn man bei künstlichen Injectionen blind endigende oder netzart verbundene Gefässe bekommt, so rührt dies begreiflicher Weise dahe

dass die Injectionsmasse nur in gewisse, nur in die weiteren Räume eindringt. Wenn man das vollständige Resorptionsgebiet kennen lernen will, dann muss man die Thiere in der vollen Resorption untersuchen. Man muss die ersten Wege des Chylus in ihrer natürlichen Anfüllung untersuchen; nur dann erfährt man, welche Bahnen die Resorption geht, und dann sieht man, dass die ganzen interstitiellen Gewebsräume der Schleimhaut und ausserdem der ganze Epithelialüberzug der Zotten sich vollständig mit Chylus anfüllen.

Die räumliche Anordnung ist bei verschiedenen Thieren etwas abweichend vom Menschen. So findet sich da, wo breite Zotten sind, z. B. bei den Ratten, nicht ein Zottenraum, sondern mehrere. Dasselbe findet sich auch bei den Wiederkäuern, und Teichmann hat durch Injection netzförmig mit einander verbundene Chylusräume in den breiten Zotten des Hammels dargestellt. Diese sogenannten Endnetze der Chylusgefässe entsprechen, wie gesagt, dem innern Zottenraume, und in dieselben gelangt gleichfalls der Chylus aus dem Parenchym der Zotten hinein. Der Unterschied zwischen beiden ist ein rein formeller, nämlich der, dass bei der cylindrischen Zotte nur ein centraler Raum, und bei diesen grossen, breiteren, platten mehrere Räume vorhanden sind, welche sich mit einander netzförmig verbinden. Aehnliche solche Endnetze hat v. Langer bei Amphibien und Reptilien injicirt, wo sie sehr nahe unter der Oberfläche liegen, indem an den flachen Falten und blattförmigen Hervorragungen, welche hier vorkommen, die Parenchymschicht, welche zwischen diesen Anfängen des Chylusgefässsystems und zwischen dem Epithelium liegt, sehr dünn ist. Der feinere Bau ist aber allen Schleimhäuten gemeinsam, bei allen gelangt der Chylus zuerst in interstitielle Gewebsräume und aus diesen in die Chylusräume, wie sie genannt werden, wenn sie einfache Kanäle in der Mitte einer Cylinderzotte sind, oder in die Endnetze, wie man sie nennt, wenn die Zotten breiter, blattartig, faltenförmig und die Räume netzartig mit einander verbunden sind.

Die eigentlichen mit selbstständigen bindegewebigen Wandungen und einem Epithel versehenen Chylusgefässe tauchen als kleine klappenlose Röhren aus der Schleimhaut auf, im Dünndarm indem sie direct mit einer Lieberkühn'schen Ampulle in Verbindung stehen, wo, was nicht bei allen Säugethieren der Fall, solche Ampullen deutlich ausgeprägt sind. Aber auch, wo sie es nicht sind, stehen diese kleinsten Chylusgefässe mit den inneren Zottenräumen in verhältnissmässig weiter und offener Verbindung, während ausserhalb dieser relativ weiten Communicationen nur die unvergleichlich kleineren Räume liegen, welche ich interstitielle Gewebsräume der Schleimhaut nenne und die sich, wie in der Zotte, so in der übrigen Schleimhaut nicht als solche sichtbar machen lassen, sondern nur dadurch erkennbar sind, dass sie sowohl lösliches Berlinerblau aufnehmen, als auch mit fettreichem Chylus gefüllt gefunden werden. Im submucösen Bindegewebe bekommen die Chylusgefässe nach kurzem Verlaufe, und nachdem sie einige Verbindungen mit einander eingegangen sind, Klappen. Sie verlaufen von jetzt an, sich in dendritischen Formen zusammensetzend, bei Menschen, Hunden, Wieseln und Schweinen ganz selbstständig neben den Blutgefässen, und zwar die stärkeren so, dass immer Arterie und Vene von je einem Lymphgefässe

begleitet werden, so dass immer zusammen vier Gefässe die Muskelha durchbohren und in das Mesenterium übertreten, eine Arterie, eine Ve und zwei Chylusgefässe. Bei den Kaninchen sind die Chylusgefässe der ganzen Darmwand noch verhältnissmässig breite, vielfach mit ei ander communicirende Bahnen. Darauf beruht der räthselhafte Anblicl welchen ein in der Resorption befindlicher Darm eines Kaninchens zeigt Wenn Sie ein Kaninchen öffnen, das fettreichen Chylus resorbirt, so ent steht ein lebhafter Motus peristalticus, und während desselben schein der Verlauf der Chylusgefässe in der Darmwand fortwährend zu wechseln Das rührt daher, dass, so wie der Darm sich zusammenzieht, der Chylu in diesen grossen Chylusgefässen mit breitem Strombett und zahlreiche Communicationen hin- und hergeschoben wird, so dass an einer Stell ein Gefäss auftaucht, an einer andern eines verschwindet. Die Blut gefässe liegen anscheinend in den Chylusgefässen, von den letzteren wi von Scheiden umgeben. Felix v. Winiwarter hat indessen durch sein Injectionen nachgewiesen, dass diese Einscheidung nur eine scheinbare ist, dass die Blutgefässe ausserhalb der Chylusgefässe liegen und di letzteren nur hart an der Wand der ersteren verlaufen. Bei andere Nagern, Ratten, Mäusen, finden sich Uebergänge von dieser Form z der Form, wie sie beim Menschen und bei den reissenden Thieren vorkommt. Auch bei ihnen sind die Chylusgefässe in der Darmwand, s weit sie mir bekannt sind, klappenlos.

Die Bewegung des Chylus.

Welche sind nun die treibenden Kräfte, durch die die Resorptio bewirkt wird? Wir haben gesehen, dass sich zunächst die Epithelzelle mit Fetttröpfchen anfüllen. Wenn eine nackte, freilebende Zelle sich mi Fetttröpfchen anfüllt, so wissen wir, wie das geschieht. Wir wissen, das sie Fortsätze ausstreckt, mit diesen das Fetttröpfchen umfasst und es i ihre Substanz hineinzieht. Auch bei den Cylinderzellen des Darms is eine mechanische Thätigkeit des Stäbchenorgans, beziehungsweise de Protoplasmas an sich nicht unwahrscheinlich, nur ist es schwerer, sich hie eine directe Ueberzeugung zu verschaffen. Spina und auch v. Wiedersheim geben an, in dieser Richtung an Thieren Beobachtungen mit positivem Resultat gemacht zu haben. Auch abgesehen von einer solche Thätigkeit ist in der Zotte eine Triebkraft für eine gegen den innere Zottenraum gerichtete Strömung vorhanden. Denken wir uns zuers die Zotte zusammengezogen, ihre Muskulatur contrahirt und also de inneren Zottenraum entleert, und nun denken wir, dass die Zotte wiede erschlafft und dadurch ausgedehnt wird, dass das Blut in die in ei mantelförmiges Netz angeordneten Capillaren der Zotte einströmt. I der innere Zottenraum leer, so wird der Druck im Innern jetzt gering sein als der Druck von aussen, und es wird also eine Tendenz d Flüssigkeit vorhanden sein, von aussen nach innen zu strömen. W gesagt, wir wissen nicht, ob dies das einzige Moment ist, durch welch ein Flüssigkeitsstrom in das Innere der Zotte hineingeführt werden kan Ist nun der innere Zottenraum einmal gefüllt, so zieht sich die Zot wieder zusammen und treibt dadurch natürlich ihren Inhalt gegen d

Ampulle und gegen die Chylusgefässe hin aus. Wenn sich das submucöse Muskellager zusammenzieht, so wird dadurch der Druck nach innen vom submucösen Muskellager grösser, als der Druck nach aussen von demselben ist. Man muss immer festhalten, dass in dem vielfach gewundenen und geknickten Darmrohr der Chymus nicht ohne Widerstand fortbewegt wird und gelegentlich auf Hindernisse stösst, wenn auch nur auf solche, welche er überwindet. Der Chylus, der einmal in der Schleimhaut ist, wird durch die offenen Wege, die ihm zu Gebote stehen, leicht in die Chylusgefässe des submucösen Bindegewebes abfliessen. Hier steht er aber, wenn sich die Muskelhaut des Darmes zusammenzieht, noch wiederum unter einem grösseren Druck als im Mesenterium; er wird also wieder aus dem Theile der Chylusgefässe, der im Darm verläuft, hinausgetrieben werden und in denjenigen Theil der Chylusgefässe, der im Mesenterium verläuft, übergehen. Es muss berücksichtigt werden, dass wegen der zahlreichen Klappen in den Chylusgefässen auch ein blos vorübergehender Druck niemals wirkungslos bleibt, weil der Chylus nur nach einer Richtung bewegt werden kann, der Rückgang ihm durch die Klappen verwehrt wird. Die Wirkung des Motus peristalticus ist zuerst von Rudolf Wagner direct beobachtet worden. Er spannte das Mesenterium junger lebender Thiere, welche Milch resorbirten, bei schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskope auf. Er konnte nun in den Chylusgefässen den Strom des Chylus fliessen sehen, und er bemerkte, dass derselbe jedesmal eine Beschleunigung erfuhr, wenn über das Darmstück eine Contractionswelle hinlief. Wenn der Chylus einmal in den Gefässen des Mesenteriums angelangt ist, so steht er lediglich unter dem Drucke, welcher in der Bauchhöhle herrscht. Dieser ist noch immer grösser als der Druck in der Brusthöhle, er steigert sich namentlich bei der Inspiration über denselben. Wir kommen hier wieder auf das zurück, was wir schon früher bei der Lymphe gesehen haben, darauf, dass durch die Respirationsbewegungen, durch die Contractionen des Zwerchfells die Lymphe und also auch der Chylus aus den Lymphgefässen, beziehungsweise aus den Chylusgefässen der Unterleibshöhle, in den Ductus thoracicus hinaufgepumpt wird. Wir kommen auch hier wieder auf die selbstständige Contractilität der Wandungen der Lymphgefässe zurück. Bis jetzt ist dieselbe nur von Heller am Meerschweinchen beobachtet worden, aber gerade hier an den Chylusgefässen des Mesenteriums. Er fand, dass dieselben sich periodisch, und zwar so lange das Thier noch einigermassen gut bei Kräften war, zehnmal in der Minute, später beim Absterben nur sechs- bis viermal in der Minute zusammenzogen.

Umwandlung und Verbrauch der resorbirten Substanzen.

Welche sind die weiteren Schicksale der resorbirten Substanzen? Die Fette werden, wie wir gesehen haben, grösstentheils im unveränderten Zustande resorbirt, und es unterliegt keinem Zweifel, dass sie direct mit zur Ablagerung im Körper verwendet werden, andererseits aber, dass sie, wo Bedarf an Brennmaterial vorhanden ist, wo sich ein Zerfall einleitet, auch mit Leichtigkeit wieder zerfallen. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist nicht mit Sicherheit bekannt.

Von den Kohlehydraten werden die Producte ihrer sauren Gährung unter denen Milchsäure wohl die Hauptmasse ausmacht, resorbirt, und man kann kaum zweifeln, dass die milchsauren Salze, die aus dem Darmkanal resorbirt werden, sich umwandeln in kohlensaure Salze, dass sie zu kohlensauren Salzen verbrannt werden. Damit hängt es auch zusammen, dass die Pflanzenfresser einen alkalischen oder wenigstens neutralen und von Phosphaten getrübten Urin haben, denn sie verlieren denselben und bekommen einen klaren und stark sauer reagirenden Urin wie die Fleischfresser, wenn man sie mit Fleisch füttert, oder wenn man sie hungern lässt und sie dadurch hindert, auf Kosten von pflanzlichen Nahrungsmitteln zu respiriren, sie zwingt, auf Kosten der Substanz ihres eigenen Körpers zu leben. Ausserdem werden von den Kohlehydraten Zucker, wahrscheinlich auch Dextrin resorbirt, und hier herrscht nun eben ein Zweifel, ob der Zucker im Organismus oxydirt, verbrannt wird und in seine Endproducte Kohlensäure und Wasser zerfällt, oder ob der Zucker in Glycogen umgewandelt, als Glycogen in der Leber und in den Muskeln abgelagert wird, um dann vielleicht entweder secundär wieder in Zucker umgewandelt und verbrannt zu werden, oder in histogenetische Substanzen überzugehen, wie Pavy meint, und zum weiteren Aufbau des Organismus beizutragen.

Die Eiweisskörper werden, wie wir gesehen haben, theilweise resorbirt als Eiweisskörper, theilweise werden sie resorbirt in ihren Abkömmlingen, als sogenannte Peptone. Wir müssen jedenfalls unter diesen solche unterscheiden, die den Eiweisskörpern noch näher stehen, und solche, die bereits Producte einer tiefer greifenden Zersetzung sind, denn die Eiweissreactionen verschwinden nicht auf einmal, sondern eine nach der andern. Nach den früher erwähnten Versuchen von Plósz und von Maly können die dem Eiweiss noch näherstehenden Producte im Körper noch als Baumaterial verwendet werden. Ob sie dabei zunächst ihre verlorenen Eiweissreactionen wieder erlangen, oder ob sie, so wie sie sind, den Gewebstheilen als Nahrungs- und Ersatzmaterial dienen, ist unbekannt. Die Producte der weiteren Veränderung sehen Einige als Spaltungsproducte an, die sich nach der Resorption wieder zu Eiweiss zusammensetzten. Nun weiss man aber, dass vom Eiweiss eine Partie als Eiweiss resorbirt wird, eine andere in wenig verändertem Zustande; man weiss ferner, dass man ein Thier nicht im Gleichgewichte erhalten kann, wenn man ihm nur so viel Eiweiss gibt, dass ihm damit so viel Stickstoff zugeführt wird, als es im Minimum mit dem Harn ausscheidet. Pettenkofer und Voit fanden, dass, wenn sie ein Thier mit stickstofffreier Nahrung fütterten, der Harnstoff herunterging auf eine constante Ziffer. Nun versuchten sie dem Thiere so viel Stickstoff in Gestalt von Eiweiss zuzuführen, als es täglich im Harne ausschied. Sie fanden aber, dass das Thier dabei der Inanition entgegenging, indem es jetzt mehr Stickstoff ausschied, als der eingeführten Eiweissmenge entsprach. Sie mussten mit der Fütterung auf eine Eiweissmenge steigen, die das $2\frac{1}{2}$fache an Stickstoff enthielt von dem Stickstoffminimum, welches das Thier beim Hungern ausschied; erst dann gelang es, dasselbe vor dem Verhungern zu schützen, es im Gleichgewichte zu erhalten. Durch diese Thatsachen wird die Theorie von der Reconstruction der Eiweisskörper unnöthig. Wenn wir annehmen, dass das Thier 40% von den Eiweiss-

körpern, welche ihm gegeben wurden, im wenig oder nicht veränderten Zustande resorbirte, so konnte es diese benützen, um seinen Körper im Gleichgewichte zu erhalten; es blieben dann noch 60% von dem dargereichten Futter, welche in secundäre und tertiäre Producte umgewandelt resorbirt oder als Rückstand in den Faeces geblieben sein konnten. Dass ein Theil der Eiweisskörper bereits im Darmkanal vollständig und so, dass Niemand mehr an eine Reconstruction denken wird, zersetzt wird, dafür haben wir jetzt den directen Beweis in Händen, indem wir wissen, dass Indol, Phenol und Skatol im Darme aus ihnen gebildet werden. Es liegt der Gedanke nahe, dass die schon eingreifend veränderten Peptone weiter zersetzt werden, in jene Zwischenproducte zerfallen, welche zwischen den ersten Abkömmlingen der Eiweisskörper und den letzten liegen. Diese weiteren Producte haben wir theils schon kennen gelernt, theils werden wir sie noch kennen lernen. Wir haben sie kennen gelernt als die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Galle, wir haben sie kennen gelernt als Kreatin, Leucin und Tyrosin, wir werden sie weiter noch kennen lernen als sogenanntes Sarkin oder Hypoxanthin, und dann endlich als eigentliche Harnbestandtheile, als Xanthin, Harnsäure, Hippursäure, Kreatinin und Harnstoff. Der vollständigste Zerfall der organischen Substanzen ist natürlich der in Kohlensäure, Wasser und Stickgas. Inwieweit aber Stickgas im Körper freigemacht und ausgeschieden wird, das ist, wie wir später sehen werden, noch zweifelhaft. Selbst das nächsteinfachste Product, das Ammoniak, wird nur in verhältnissmässig geringer Menge im Körper gebildet. Es befindet sich davon immer eine kleine Menge im Blute, welche man nachweisen kann, wenn man frisches Blut in einem Gefässe luftdicht verschliesst und an dem Deckel des letzteren eine Porzellanscherbe anbringt, welche man mit verdünnter Weinsäure oder Schwefelsäure angestrichen hat, und nach einer oder mehreren Stunden diese Scherbe mit dem Nessler'schen Reagens untersucht. Man findet dann, wie wir später sehen werden, immer Ammoniak, und auch im Harn findet es sich normaler Weise, aber in verhältnissmässig geringer Menge. Latschenberger fand indessen, dass der in Form von Ammoniak ausgeschiedene Stickstoff im normalen Menschenharne doch den 18. Theil des Gesammtstickstoffs des letzteren betragen kann. In Folge von Krankheiten der Harnwege oder durch Zersetzung des Harns ausserhalb des Körpers kann jenes Verhältniss noch viel grösser werden. Beim Rind fand Latschenberger in der Milch mehr Ammoniak als im Blute, in der Galle aber weniger.

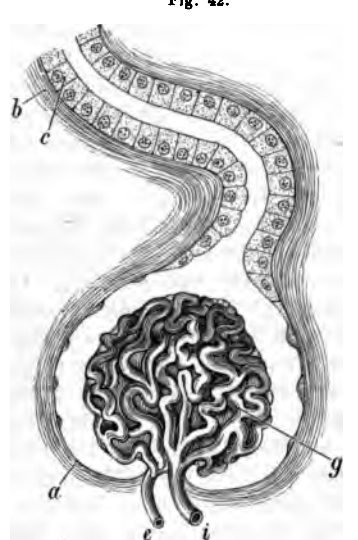
Die Harnabsonderung.

Der Bau der Niere.

Die Anatomie der Nieren im Grossen und Ganzen ist Ihnen bekannt, wir wollen deshalb hier nur näher auf denjenigen Apparat eingehen, welcher speciell der Ausscheidung des Harns dient. Bekanntlich besteht noch beim neugebornen Kinde die ganze Niere aus einzelnen, durch Bindegewebe zusammengehaltenen Abtheilungen, den sogenannten

Renculis. In jeder dieser Abtheilungen liegt wieder eine sehr zahlreiche Menge von, ich möchte sagen, Elementarnieren, von kleinen Apparaten, welche der Harnabsonderung dienen. Diese Apparate sind die Malpighi'schen Körperchen der Nieren. Jedes dieser Malpighi'schen Körperchen besteht aus einem Wundernetze eines Astes der Arteria renalis, an welchem das Material für die Harnabsonderung herstammt, und aus einer Kapsel, welche den abgesonderten Harn zunächst aufnimmt und ihn in die Harnkanäle überleitet. Das Wundernetz, hier (Fig. 42 *g*) Glomerulus genannt, wird so gebildet, dass ein kleiner Ast (Fig. 42 *i*) der Arteria renalis in eine grosse Menge von kleineren Aesten zerfällt, welche wiederum in Windungen aufgeknäult sind, und deren Blut sich wieder sammelt in eine kleine Arterie (Fig. 42 *e*), welche aus dem Wundernetz austritt, und zwar nicht an der entgegengesetzten, sondern an derselben Seite mit der einführenden Arterie. Es sind auch nicht alle Gefässe des Glomerulus von gleichem Kaliber. Schon Bowman, dem wir die erste richtige Anschauung über die menschliche Niere verdanken, wusste, dass ein grösseres Gefäss direct aus der Arteria inferens in die Arteria efferens übergeht. Der Glomerulus ist eingeschlossen in eine Kapsel, und diese geht durch einen etwas verengten Hals direct in den Anfang eines Harnkanals über. Es ist darüber gestritten worden, ob der Glomerulus nackt in der Kapsel liege, oder ob er in die Kapsel hineingestülpt sei in ähnlicher Weise, wie man sich zur Erleichterung der anatomischen Beschreibung das Herz in den Herzbeutel hineingestülpt denkt. Die Sache ist folgende: Es liegt einerseits der Glomerulus nicht vollständig nackt in der Kapsel, andererseits hat er aber auch keinen Ueberzug, der an Dicke und Haltbarkeit zu vergleichen wäre mit der äusseren Wand der Kapsel. Er hat einen Ueberzug von einer Epithelialmembran, die aber so zart ist, dass man sie nur an einigen Stellen zu Gesichte bekommt. Wenn man ein gut injicirtes Präparat gefärbt hat und nun zufällig eine Stelle zur Ansicht bekommt, wo zwei Gefässschlingen nebeneinander liegen, da sieht man dann von dem convexen Bogen der einen Gefässschlinge zum convexen Bogen der andern einen Contur herübergehen und auch allenfalls einen gefärbten Kern in diesem Contur liegen. Bei Neugebornen ist das Epithel höher, meist sogenanntes cubisches Epithel. Die äussere Wand der Kapsel (Fig. 42 *a*) geht, wie gesagt, direct über in die Membrana propria des Harnkanälchens (Fig. 42 *b*). Sie hat anfangs auch ein ganz niedriges Epithel, ein Pflasterepithel, dessen Kerne nur wenig prominiren: gegen den Hals der Kapsel werden die Epithelzellen höher und im Beginn des Harnkanals geht das Epithel in ein cubisches (Fig. 42 *c*) über. Der Harnkanal


Fig. 42.



zahlreiche Windungen und stellt auf diese Weise einen Tubulus us dar. Dann verdünnt er sich und steigt in die Marksubstanz ;alt einer steilen Schleife herab, steigt dann wieder hinauf mit etwas dickeren Schenkel, macht dann wieder mehrere Windungen indet nun einzeln oder mit andern zusammen in eine sogenannte :röhre (Fig. 43 *c*), in einen Tubulus rectus ein. Dies absteigende Fig. 43 *s s*) bezeichnet man mit dem der Henle'schen Schleife, weil Henle aufmerksam gemacht hat, dass das in ihnen wesentlich verschieden ist m Epithel in den Tubulis contortis ch in den Tubulis rectis, indem, wie nal sich verdünnt, auch das Epithel rdünnt, sich erniedrigt, zu einem epithel wird. In Folge dieser Ver- ıg des Epitheliums hielt man diese chen Schleifen zuerst für ein anderes von Röhren. Ludwig hat aber nach- n, dass die Schleife an beiden Enden ı Harnkanälchen im Zusammenhange nur ein in die Marksubstanz herab- les Stück des Harnkanälchens darstellt. ie Tubuli recti vereinigen sich unter r, indem sie sich wie die Zweige 'yramidenpappel in spitzen Winkeln ıensetzen. So wird zuletzt ein Gang :, der neben anderen auf der Papilla ausmündet (s. Fig. 43 *m*). Das Epi- wird mit der Erweiterung der Röhren so dass es in den Sammelröhren ein ›denes Cylinderepithelium ist. Es ıber immer einschichtig.

Fig. 43.

ine zusammengesetzte Sammelröhre ›n ihren Tubulis contortis und den i'schen Kapseln, welche daran hängen, usammen eine Ferrein'sche Pyramide. ıze Summe von solchen Ferrein'schen len, welche ein und demselben Nieren- angehört, bildet eine Malpighi'sche le. Diese sind an ihrem inneren Ende, in die Calices renum hineinragen, dig von einander geschieden, an iusseren Ende aber in der Cortical- z confluiren sie, indem hier die Tubuli der nebeneinander liegenden Malpighi'schen Pyramiden sich einander berühren und nur im kindlichen Alter noch deutlich ander getrennt sind.

ie Malpighi'schen Körperchen und die Tubuli contorti sind nicht ıkt auf die Corticalsubstanz, sondern sie liegen auch zwischen zelnen Malpighi'schen Pyramiden, und man kann sie hier bis zu

einer ziemlichen Tiefe in die Marksubstanz hinein verfolgen. Diese v Tubulis contortis und Malpighi'schen Körperchen gebildeten Zwische stücke heissen Columnae Bertini. Sie bilden thatsächlich keine Säul sondern vielmehr ein Fachwerk, in dem die Pyramiden stecken, al sie haben ihren Namen erhalten, weil sie auf Durchschnitten, die der Richtung der Sammelröhren gemacht sind, wie Säulen, die zwisch den einzelnen Malpighi'schen Pyramiden stehen, erscheinen.

Das Vas efferens, welches aus den Malpighi'schen Körperchen he auskommt, die kleine Arterie, geht zunächst über in ein Capillarnet welches die Harnkanälchen umspinnt, und aus welchem die Venen wied hervorgehen, von denen der grösste Theil gestreckt in der Marksubstar zwischen den Tubulis rectis und den Henle'schen Schlingen liegt. Eu Steinach hat gefunden, dass Lycopodiomkörnchen, welche lebende Hunden und Kaninchen rückläufig in die Carotis und so in die absteigenc Aorta injicirt wurden, in die Nierenvenen übergingen, während sie doc ihrer Grösse halber weder den Glomerulus noch die Capillargefäss passiren konnten. Die Wege, auf denen dieser Uebergang erfolgt, sir noch unbekannt. Steinach hat auch an Menschennieren durch Injectione in die Nierenarterie theilweise die Venen erfüllt, ohne dass die Injection masse das Wundernetz des Glomerulus und die Capillaren passirt hatt Gegenüber von Steinach's Thierversuchen scheint es nicht gerechtfertig diese Erscheinungen ohne Weiteres auf Zerreissungen zwischen nal aneinander liegenden Arterien und Venen zurückzuführen, so lange di selben nicht nachgewiesen sind. Andererseits schliesst die wohlconstatir Thatsache, dass bei Veneninjectionen niemals Masse in die Arterien übe geht, directe Communicationen nicht aus. Sie können nur unter kleine Winkel abgezweigt zwischen nahe aneinander liegenden Arterien u Venen schief verlaufen, um bei Injectionen in die Venen ventilart verschlossen zu werden. Allerdings entsinne ich mich, einmal ei Kaninchenniere mit Leim und Chromgelb injicirt zu haben, bei d die Venen mit Leim gefüllt waren, sich aber Chromgelb nur in d Arterien befand. Aber hier könnten, da die Injection gleich nach de Tode des Thieres gemacht wurde, die Communicationen contrahirt gewes sein. Man kann sich durch Injectionen von den grossen Arterien d Flussschildkröte aus leicht überzeugen, welchen Einfluss bei diesen d Contractionszustand der Ductus anteriosi Botalli auf das Resultat d Injection hat.

Ueber die Mechanik der Harnsecretion will ich vorläufig nur l merken, dass die Malpighi'schen Körperchen die Apparate sind, in welch der Harn abfiltrirt wird, und dass er dann durch die Tubuli conto in die Henle'schen Schlingen, dann in die Sammelröhren und endlich das Nierenbecken hineingeleitet wird. Wir werden später noch auf Mechanik der Harnsecretion zurückkommen. Wir können dies aber e thun, wenn wir die Bestandtheile des Harns näher kennen gelernt hab

Das Nierenbecken ist nicht mehr ausgekleidet mit einem Cylind epithel, sondern mit einem geschichteten Pflasterepithel, dessen Form ziemlich unregelmässig sind. Dieses selbe Pflasterepithel, regelmässi werdend, setzt sich durch den Ureter und durch die Harnblase, be Weibe auch durch die Urethra fort. Beim Manne hingegen tritt in Harnröhre ein Cylinderepithel auf, das bis zur Fossa navicularis rei

und hier wiederum einem Pflasterepithel Platz macht. Die Zellen des Harnblasenepithels erscheinen auf Durchschnitten von erhärteten Leichenblasen häufig höher als breit. Dies rührt, wie Paneth gezeigt hat, von einer Formveränderung her, die sie bei der Contraction der entleerten Blase erleiden. Wenn man Blasen frisch getödteter Thiere mittelst einer Spritze mit Alkohol anfüllt und sie so im gefüllten Zustande in Alkohol von gleicher Stärke erhärtet, so erkennt man die Pflasterzellen in ihrer Form, wie ihnen solche im Leben bei gefüllter Blase zukommt. Im Nierenbecken liegen unter der Schleimhaut organische Muskelfasern, welche dem Ureter eine vollständige röhrige Hülle geben und mit der reichlichen Muskulatur der Harnblase in Verbindung stehen.

Der Harn.

Der Harn ist eine gelb gefärbte, in normalem Zustande klare, sauer reagirende Flüssigkeit. Seine Farbe wechselt von einem ganz blassen Strohgelb bis zum tiefen Roth oder Rothbraun. Aber bei Weitem nicht immer, ja man kann wohl sagen in der Mehrzahl der Fälle, rührt die tiefere Färbung nicht her von einem Auftreten neuer Farbstoffe, sondern von einer ungewöhnlichen Concentration des Harns, oder doch ungewöhnlichen Mengen von Farbstoff, welche darin enthalten sind. Denn ein jeder Urin zeigt sehr verschiedene Farben, je nach der Dicke der Schichte, in welcher man ihn ansieht. Man kann von concentrirtem Urin, wenn man ihn in dünneren Schichten ansieht, das Strohgelb haben, welches sonst nur verdünnter Urin zeigt, und man kann, wenn man die Schicht hinreichend dick macht, auch mit verdünnterem Urin ein tiefes Rothbraun erhalten. Es beruht dies darauf, dass die kurzwelligen Strahlen vorzugsweise absorbirt werden, in Folge davon die Farbe des rothen Endes des Spectrums immer mehr hervortritt, und die Farbe zugleich immer dunkler wird. Das specifische Gewicht hält sich zwischen 1,005 und 1,03.

Der Harnstoff.

Von den organischen Bestandtheilen des Harns interessirt uns zunächst der Harnstoff. Wir stellen ihn deshalb an die Spitze, weil er die grösste Menge der organischen Bestandtheile des Harns ausmacht und durch ihn die Hauptmasse des Stickstoffs aus dem Körper herausgeführt wird.

Der Harnstoff wird auf dem einfachsten Wege aus dem Harne erhalten, indem man denselben abdampft, den Rückstand mit Alkohol auszieht, den Alkohol wiederum abdestillirt und den Rückstand hinstellt. Dann wird derselbe bald krystallinisch, wenn er nicht schon gleich nach dem Abdampfen krystallinisch gewesen ist, und wenn man ihn in Fliesspapier einwickelt, so zieht sich die Unreinigkeit, die demselben anhaftet, in das Fliesspapier hinein. Durch Wiederholen dieser letzteren Operation wird er immer mehr gereinigt und endlich kann man ihn noch durch Auflösen und Umkrystallisiren aus Alkohol weiter reinigen. Ich führe

dieses Verfahren deshalb an, weil es das einfachste und mit dem geringsten Aufwande von chemischen Hülfsmitteln durchzuführen ist.

Der Harnstoff besteht aus $CH_4\ N_2\ O$, er ist sehr leicht löslich im Wasser und verbraucht bei seiner Auflösung eine bedeutende Menge von Wärme, so dass er in ähnlicher Weise wie Kochsalz zu Kältemischungen verwendet werden könnte. Er ist löslich im Alkohol, und zwar im heissen bei Weitem leichter als in kaltem, weshalb er mittelst Alkohol unter nur mässigem Verluste umkrystallisirt werden kann. Er ist unlöslich in Aether. Er geht Verbindungen ein mit Metallsalzen, er geht auch Verbindungen ein mit Säuren. Unter diesen Verbindungen mit Säuren sind zwei schwer löslich, und diese können deshalb zu seiner Reindarstellung mit Vortheil angewendet werden. Die eine dieser Verbindungen ist die Verbindung mit Salpetersäure, die man erhält, wenn man zu einer einigermassen concentrirten Harnstofflösung oder zu dem Rückstande von dem alkoholischen Harnauszuge Salpetersäure hinzusetzt, welche man vorher ausgekocht hat, um sie von der salpetrigen Säure zu befreien. Man erhält dann schöne Krystalle, welche rhombische Tafeln darstellen. In ähnlicher Weise kann man durch Vermischen einer concentrirten wässerigen Harnstofflösung mit einer concentrirten Lösung von Oxalsäure Krystalle von oxalsaurem Harnstoff erhalten. Der oxalsaure Harnstoff ist im Alkohol schwer löslich, weshalb man ihn nur in kleinen Krystallen erhält, wenn man eine alkoholische Lösung von Oxalsäure und eine alkoholische Lösung von Harnstoff mischt.

Der Harnstoff kann auch künstlich dargestellt werden. Die vortheilhafteste Methode ist die älteste von Wöhler und Liebig angegebene. Man mischt Blutlaugensalz, Braunstein und kohlensaures Kali mit einander. Braunstein hat den Zweck, mit dem Cyan des Cyaneisenkaliums Cyansäure, oder nach Einigen Pseudocyansäure, zu bilden. Die Pottasche, welche man hinzufügt, hat den Zweck, die gebildete Cyansäure an Kali zu binden und auf diese Weise die ganze gebildete Cyansäure in cyansaures Kali überzuführen. Man erhitzt, um die möglichst grösste Ausbeute zu haben, so lange, bis die anfangs pulverförmige trockene Masse anfängt, zusammenzubacken: dann bringt man die Masse vom Feuer weg, lässt sie erkalten und übergiesst die harte schlackenartige Schmelze, welche man zuvor in Stücke zerschlägt, mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak. Die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Kali zu schwefelsaurem Kali und das Ammoniak mit der Cyansäure zu cyansaurem Ammoniak. Das schwefelsaure Kali krystallisirt zum Theile als Haarsalz an der Oberfläche der Schmelze heraus. Man filtrirt davon ab, dampft das Filtrat ab und zieht den Rückstand mit Alkohol aus. Was der aufnimmt, ist nun nicht mehr cyansaures Ammoniak $\left(\begin{matrix} CN \\ NH_4 \end{matrix}\right\} O\Big)$, sondern Harnstoff, es ist nichts ausgetreten, es ist nichts hinzugekommen, aber es hat eine Umlagerung der Atome stattgefunden. Das schwefelsaure Kali, welches im Alkohol unlöslich ist, bleibt zurück. Beim Erkalten der concentrirten alkoholischen Lösung krystallisirt der Harnstoff in grossen wasserhellen Nadeln, Prismen mit quadratischem Querschnitt und oktaëdrischen Endflächen, heraus.

Man wendet dieses Verfahren immer an, wenn man sich Harnstoff zu chemischen und zu physiologischen Zwecken verschaffen will.

weil man ihn so leichter und wohlfeiler als aus dem Harne darstellen kann. Die Entdeckung der Synthese des Harnstoffs durch Wöhler hat seiner Zeit mit Recht das grösste Aufsehen gemacht, weil es das erste und gerade ein so wichtiges Product des Thierkörpers war, welches man künstlich im Laboratorium aus verhältnissmässig einfachen chemischen Verbindungen aufbauen lernte. Seitdem ist der Harnstoff auf verschiedene Weise künstlich dargestellt worden, so aus Cyanamid, indem dasselbe, wenn man ihm in wässeriger Lösung etwas Salpetersäure zusetzt, sein Wasser wieder aufnimmt, wieder zu cyansaurem Ammoniak und demnächst zu Harnstoff wird. Endlich wurde er von Natanson aus kohlensaurem Aethyl und Ammoniak dargestellt. Es hat diese Darstellung deshalb eine besondere Wichtigkeit und ein besonderes Interesse gewonnen, weil schon früher Dumas den Harnstoff als Carbamid, als das Amid der Kohlensäure bezeichnet hatte, indem, wenn man aus dem normalen kohlensauren Ammoniak $\left(\left.\begin{matrix}CO\\NH_4\\NH_4\end{matrix}\right\} O_2\right)$ zwei Atome Wasser wegnimmt, also auf diese Weise das Amid erzeugt, man die Formel des Harnstoffs bekommt, und andererseits der Harnstoff unter den verschiedensten Einflüssen immer zerfällt in Kohlensäure und Ammoniak. Er zerfällt in Kohlensäure und Ammoniak beim Erhitzen mit Säuren, ferner an und für sich schon bei hoher Temperatur, dann bei der Fäulniss u. s. w. Hier hatte nun Natanson wirklich den Harnstoff als Carbamid, als Amid der Kohlensäure dargestellt. Drechsel hat mittelst Durchleiten von alternirenden electrischen Strömen durch eine Lösung von carbaminsaurem Ammoniak kleine Mengen von Harnstoff erhalten. Endlich hat W. G. Mixter Harnstoff dadurch erhalten, dass er trockenes Ammoniak und trockene Kohlensäure in ein rothglühendes Glasrohr leitete. In einem kühleren Theile des Rohres setzte sich Harnstoff ab.

Der Harnstoff ist kein Product der Nieren, sondern ein Product des gesammten Stoffwechsels. Er ist im ganzen Körper verbreitet, in allen thierischen Flüssigkeiten, im Blute, im Speichel u. s. w. Nur häuft er sich aus Gründen, welche wir später kennen lernen werden, im Harne in viel grösserer Menge an, als in irgend einer andern thierischen Flüssigkeit.

Dass er ein Product des allgemeinen Stoffwechsels sei, ist in Zweifel gezogen worden; er könnte ja auch in den Nieren bereitet und von den Nieren aus diffundirt werden u. s. w. Aber schon vor einer langen Reihe von Jahren haben Strahl und Lieberkühn nachgewiesen, dass, wenn man Thieren die Nieren ausschneidet, dadurch nicht die Menge des Harnstoffs im Blute abnimmt, was doch der Fall sein müsste, wenn die Niere den Harnstoff bereitete, sondern dass durch die Nephrotomie der Harnstoff im Blute zunimmt, und dies ist in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von Gréhant auf das Vollständigste bestätigt worden.

Um den Harnstoff quantitativ zu bestimmen, ist eine Reihe von Methoden angegeben. Die älteste bestand darin, dass man den Harn abdampfte, mit Alkohol auszog, den alkoholischen Auszug bis zur Syrupconsistenz abdampfte und dann mit Salpetersäure, welche man vorher, um sie von salpetriger Säure zu befreien, ausgekocht hatte, übergoss.

Dann bildet sich salpetersaurer Harnstoff, der in überschüssiger Salpetersäure schwer löslich ist und abgepresst und gewogen wird.

Später hat man es vortheilhafter gefunden, den Harnstoff aus seinen Zersetzungsproducten zu bestimmen. Der Harnstoff zerfällt in Kohlensäure und Ammoniak. Hierauf beruht die Methode von Bunsen. Er versetzt den zu untersuchenden Harn in bestimmter Menge mit einer Lösung von Chlorbarium, der eine kleine Menge von Ammoniak zugesetzt ist, und schüttelt durch, lässt absetzen und filtrirt. Von dem Filtrate wird eine bestimmte Quantität, etwa 30 bis 40 Kubikcentimeter, in eine starke Glasröhre hineingegossen, in welcher sich eine kleine Quantität von festem Chlorbarium befindet. Dann wird das obere Ende der Glasröhre, das man sorgfältig vor Benetzung geschützt hat, an der Lampe zugeschmolzen, und nun die Glasröhre längere Zeit auf 220° bis 240° erhitzt. Der Harnstoff zerlegt sich in Kohlensäure und Ammoniak, die Kohlensäure verbindet sich mit Barium zu kohlensaurem Baryt, welcher hinterher abfiltrirt und gewogen wird. Salkowski hat dies Verfahren dahin erweitert, dass er sich durch Bestimmung des gleichzeitig gebildeten Ammoniaks überzeugt, inwieweit etwa auch andere Substanzen als Harnstoff zersetzt worden sind. War dies nicht der Fall, so müssen begreiflicher Weise auf je ein Aequivalent Kohlensäure zwei Aequivalente Ammoniak erhalten werden.

Eine andere Methode ist gleichzeitig und unabhängig von Ragsky und von Heintz vorgeschlagen und ausgeführt worden. Bei ihr wird die Zersetzung durch Schwefelsäure vorgenommen, und die Menge des Ammoniaks bestimmt, welche sich aus dem Harnstoffe bildet. Es werden zwei gleiche Volumina Harn genommen, und aus der einen wird die Summe des Kali und des Ammoniaks bestimmt, welche darin enthalten ist, indem man auf dem gewöhnlichen Wege, wie es sonst bei Ammoniak- und Kalibestimmungen zu geschehen pflegt, Chlorplatinkalium und Chlorplatinammonium bildet, diese hinterher glüht und das Platin wägt. Die andere Menge von Harn wird mit Schwefelsäure gemengt und dann erwärmt. Der Harnstoff zersetzt sich, die Kohlensäure geht fort und das gebildete Ammoniak verbindet sich mit der Schwefelsäure. Man bestimmt nun wieder in dieser Portion Harn die Gesammtmenge des Kali und des Ammoniaks, ebenfalls wieder mittelst Platinchlorid als Chlorplatinkalium und Chlorplatinammonium, glüht wieder, wägt die Menge des Platins, zieht von derselben die Menge des Platins ab, welche in der ersten Portion gefunden worden ist, und rechnet nun den Rest des Platins zurück in Chlorplatinammonium, und aus dem Ammoniak berechnet man dann wieder die Menge des Harnstoffs, welche nöthig war, um diese Menge von Ammoniak zu geben.

Beide Methoden, sowohl die von Bunsen, als die von Ragsky und von Heintz, verlangen eine gewisse Geschicklichkeit in chemischen Arbeiten und gewisse Einrichtungen. Um mit möglichst wenig Apparat in kurzem Wege die Menge des Harnstoffs auch ohne Wage bestimmen zu können, hat Liebig eine andere Methode angegeben. Eine Harnstofflösung wird gefällt durch eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd. Es bildet sich dabei ein in der neutralen Flüssigkeit ganz unlöslicher Niederschlag, welcher auf 1 Atom Harnstoff 2 Atome Quecksilberoxyd enthält. Hierauf beruht die Methode Liebig's. Er nahm seine

Harnstoffbestimmungen ursprünglich auf folgende Weise vor: Es werden zu 40 Kubikcentimeter Harn 20 Kubikcentimeter einer Lösung gesetzt, die man erhalten hat, indem man zwei Volumina Barytwasser mit einem Volum einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Baryt versetzte. Es entsteht ein Niederschlag von schwefelsaurem und phosphorsaurem Baryt, von welchem man abfiltrirt. Zu dem Filtrate wird nun so viel Salpetersäure hinzugesetzt, dass es schwach sauer reagirt. Dann wird eine titrirte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd aus einer Quetschhahnbürette zugelassen. Es entsteht ein Niederschlag, der anfangs wieder verschwindet. Letzteres rührt daher, dass Chloride im Harne sind, dass das Chlor mit dem Quecksilber Sublimat bildet, und der Niederschlag sich dadurch wiederum auflöst. Man setzt in kleinen Portionen weiter zu und kommt endlich an eine Grenze, wo zuerst eine schwache Trübung entsteht, wo der Niederschlag sich nicht mehr auflöst; jetzt liest man die Quetschhahnbürette ab. Man setzt nun weiter in kleinen Mengen zu. Indem man dazwischen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron neutralisirt, entsteht bei dieser Probe anfangs immer ein weisser Niederschlag, später aber tritt ein Zeitpunkt ein, wo plötzlich der Niederschlag gelb wird von basisch salpetersaurem Quecksilberoxyd. Das ist die sogenannte Endreaction, das heisst, das ist das Zeichen, dass das, was jetzt gefällt wird, nicht mehr unsere Verbindung von 1 Atom Harnstoff und 2 Atomen Quecksilberoxyd ist. Um den Zeitpunkt, wo diese Endreaction eintritt, genauer zu finden, als es beim Neutralisiren der ganzen Flüssigkeit möglich ist, nimmt man von Zeit zu Zeit mit einem Glasstabe einen Tropfen heraus, setzt ihn auf eine Glasplatte, lässt einen Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Natron hinzufliessen und beobachtet, ob der entstehende Niederschlag weiss oder gelb ist. Sobald die Endreaction sich zeigt, liest man wiederum die Quetschhahnbürette ab. Man weiss, wie viel Quecksilberlösung man verbraucht hat, man weiss, dass auf 2 Atome Quecksilberoxyd 1 Atom Harnstoff kommt, und kann also auf diese Weise die Menge des Harnstoffs berechnen. Später hat man es besser gefunden, aus der durch Baryt von der Phosphorsäure befreiten Lösung, nachdem sie angesäuert worden ist, mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd das Chlor herauszufällen und erst dann die Bestimmung mittelst der titrirten Quecksilberlösung vorzunehmen. Um möglichst wenig Rechnung zu haben, stellt man den Titer der Quecksilberlösung so, dass im Liter 71,48 Gramme Quecksilber enthalten sind; dann fällt jeder Kubikcentimeter derselben 0,01 Gramm Harnstoff. Pflüger verwirft das abwechselnde Neutralisiren, weil man nach seinen Untersuchungen um so kleinere Werthe bekommt, je öfter man neutralisirt. Der Fehler soll bis 14$^0/_0$ der gesammten Harnstoffmenge gehen können. Er fügt so lange, ohne zu neutralisiren, Quecksilberlösung hinzu, bis ein herausgenommener Tropfen mit einem reichlichen Tropfen einer concentrirten Lösung von Natriumbicarbonat eine gelbe Färbung gibt, die beim Verrühren fast, aber nicht mehr ganz vollständig verschwindet. Jetzt ist man schon ganz nahe am richtigen Punkt und jetzt erst wird die ganze Flüssigkeit mit einer titrirten Sodalösung neutralisirt.

Eine fünfte Methode, den Harnstoff zu bestimmen, hat endlich Millon angegeben. Diese Methode ist in neuerer Zeit von Gréhant vervollkommnet worden. Bei diesem Verfahren wirken Harnstoff und

salpetrige Säure bei gleichzeitiger Gegenwart von Salpetersäure auf einander. In Folge davon tritt eine Zersetzung ein, bei der gleiche Volumina von Kohlensäure und von Stickgas entwickelt werden. Aus diesen wird die Menge des Harnstoffs bestimmt.

Millon lässt eine kleine Quantität Quecksilber auf eine überschüssige Menge von Salpetersäure einwirken. Es bildet sich dabei salpetrige Säure, welche sich in der Salpetersäure auflöst, und dies ist das Reagens, welches er anwendet. Dieses selbe Reagens wendet auch Gréhant an, er hat aber den äusseren Apparat vervollständigt, die Mittel, durch welche er das gebildete Gas, die Kohlensäure und das Stickgas, aufsammelt. Er fügt zu einer in einem hufeisenförmig umgebogenen Glasrohre enthaltenen gemessenen Quantität Harn eine kleine Menge von Salpetersäure hinzu. Das Rohr ist an der einen Seite durch einen Glashahn geschlossen, an der andern Seite steht es mit einer Quecksilberluftpumpe in Verbindung. Mittelst dieser pumpt er aus, erwärmt die Flüssigkeit in der Röhre mittelst eines Wasserbades und pumpt wieder aus, um so alle Gase zu entfernen. Nachdem er dies gethan und das Wasserbad entfernt hat, lässt er durch den Glashahn das Millon'sche Reagens hinzutreten, erwärmt die Flüssigkeit von Neuem mittelst des Wasserbades und führt die sich entwickelnden Gase mittelst der Quecksilberluftpumpe in einen Recipienten über. Er absorbirt jetzt das Stickstoffoxyd, welches immer mit entweicht, durch eine Lösung von Eisenvitriol, absorbirt die gebildete Kohlensäure durch Kali, und der Rest ist Stickstoff. Das Verfahren ist bis jetzt erst bei einer grösseren Arbeit benützt worden, bei einer Arbeit von Gréhant über die Menge des Harnstoffs im Blute bei nephrotomirten Thieren und bei nicht nephrotomirten Thieren. Bei diesen Versuchen zeigte es sich, dass durch die Nephrotomie die Menge des Harnstoffs im Blute nicht abnehme, sondern zunehme, was beweist, dass der Harnstoff nicht durch die Nieren gebildet, sondern nur durch die Nieren ausgeschieden wird.

Am meisten Erfahrung hat man über die Liebig'sche Methode, weil sie am bequemsten ist. Die Untersuchungen von Schenk haben aber gezeigt, dass die Liebig'sche Methode deshalb zu hohe Zahlen geben kann, weil noch andere Substanzen als Harnstoff, nach Byasson sogar die sämmtlichen stickstoffhaltigen Bestandtheile des normalen Harns, gleichfalls Verbindungen mit dem Quecksilber eingehen. Man konnte dies schon im Vorhinein erwarten, da ja die Versuche von Voit ergeben hatten, dass man, wenn man die Menge des Stickstoffs berechnet, welche in dem auf diese Weise bestimmten Harnstoff enthalten ist, eine nahezu so grosse Menge von Stickstoff findet, wie sie im ganzen Harne enthalten ist, beim Hunde fast genau, beim Menschen auch so annähernd, dass sich Voit dieser Methode lange Zeit bediente, um die Menge des Stickstoffs zu bestimmen, welche binnen 24 Stunden im Harne ausgeschieden war. Nun wissen wir zwar, dass die Menge des Stickstoffs, welche als Harnstoff durch den Körper fortgeht, bei Weitem die grösste ist, dass der Harnstoff viel mehr Stickstoff als alle übrigen Harnbestandtheile zusammengenommen aus dem Körper ausführt; aber nichts desto weniger wissen wir doch auch, dass noch andere Substanzen, Harnsäure, Hippursäure, Kreatinin in einer solchen Menge im Harne enthalten sind, dass sie nicht vernachlässigt werden können. Wenn also die Liebig'sche Methode

Zahlen gibt, welche sich denen des Gesammtstickstoffgehalts des Harns annähern, so sind diese Zahlen gewiss zu hoch, als dass man sie als Zahlen für den Harnstoff ansehen könnte. Schenk hat die Zahlen, welche man durch die Liebig'sche Methode vom ganzen Harn bekommt, mit den Zahlen verglichen, welche man nach der Methode von Ragsky und Heintz erhält, und hat gefunden, dass die ersteren constant nicht unbeträchtlich grösser waren. Nun hat Heintz seiner Zeit schon dargethan, dass seine Methode zwar zu grosse Zahlen geben kann, weil sich noch andere Substanzen als Harnstoff zerlegen und Ammoniak abgeben können, keinesfalls aber zu kleine. Es geht also aus diesen Thatsachen hervor, dass die Zahlen, welche man mittelst des Liebig'schen Verfahrens erhält, als Zahlen für den Harnstoff beim Menschen zu gross sind. Nichts desto weniger wird dieses Verfahren seiner grossen Bequemlichkeit wegen da, wo es sich nur um annähernde Resultate handelt, noch immer im Gebrauche bleiben.

Dasselbe lässt sich von einem von Knop angegebenen und später von Hüfner modificirten Verfahren sagen, bei dem der Harnstoff in einem eigens für diesen Zweck construirten Apparate mittelst unterbromigtsauren Natrons bestimmt wird. Man misst dabei das Stickgas, welches sich aus dem durch das unterbromigtsaure Natron zersetzten Harnstoff entwickelt. Es wird, wo man im Besitz des von Hüfner angegebenen Apparates ist, mit Vorliebe ausgeführt und hat das Liebig-sche Verfahren an vielen Orten verdrängt.

Für praktische Zwecke handelt es sich übrigens meist nicht um die Bestimmung des Harnstoffs als solchen. Für praktische Zwecke will man meist wissen, wie viel Stickstoff überhaupt binnen 24 Stunden entleert wird. Dazu wird man sich jetzt, wenn man etwas Zeit und Mühe verwenden will, nicht der Liebig'schen Methode bedienen, weil sie doch für die Gesammtstickstoffausscheidung zu kleine Zahlen gibt, sondern man wird nach einer der in der Chemie überhaupt gebräuchlichen Methoden, welche man im gegebenen Falle für besonders geeignet hält, den Stickstoffgehalt des Harnes bestimmen. Die Bestimmung nach Dumas, bei der der Stickstoff als Gas gemessen wird, ist für diesen speciellen Zweck von E. Ludwig eingerichtet worden, die Methode von Will und Warrentrapp, bei der der Stickstoff als Ammoniak bestimmt wird, von Schneider und Seegen und von Voit. Petri und Th. Lehmann bedienen sich der Methode von Kjeldahl. Sie kochen mit einem Gemisch aus einem Theil rauchender Schwefelsäure und einem Theil nicht rauchender concentrirter Schwefelsäure zwei Stunden lang, dann oxydiren sie mittelst eines Staubregens von Kaliumpurmanganat, bis die Flüssigkeit sich grün färbt. Der Kolben, in dem gearbeitet ist, wird mit einer Kautschukkappe verschlossen zum Auskühlen hingestellt. Dann wird mittelst Natronlauge alkalisch gemacht, destillirt und das übergegangene Ammoniak durch Titriren bestimmt. E. Pflüger und K. Bohland haben das Kjeldahl'sche Verfahren dahin vereinfacht, dass sie die Stickstoffverbindungen mittelst Kochen mit gleichen Theilen englischer und rauchender Schwefelsäure zerstören, und das gebildete Ammoniak auf dem Wege des Ueberdestillirens und Titrirens bestimmen.

Es kann auch die Aufgabe entstehen, den Harnstoff in andern thierischen Flüssigkeiten aufzusuchen, im Blute, in hydropischen Flüssigkeiten,

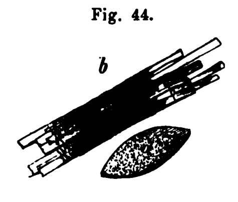
im Fruchtwasser u. s. w. Es fragt sich: Auf welche Weise kann man in ihnen den Harnstoff am besten nachweisen? Der gewöhnliche Weg ist der, dass man die Eiweisskörper durch Zusatz des mehrfachen Volums Alkohol zum zweckentsprechend neutralisirten Blute coagulirt, zu ihrer vollständigeren Ueberführung in den unlöslichen Zustand 24 Stunden stehen lässt, auspresst, den Alkohol verdampft und nun aus dem Rückstande salpetersauren oder oxalsauren Harnstoff oder beide darzustellen sucht und diese an ihrer Krystallform erkennt. Da der Alkohol die Eiweisskörper nur langsam vollständig coagulirt, so hat Perls vorgeschlagen, zuerst eine wässerige Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzuzusetzen, um die Eiweisskörper vollständig zu coaguliren, dann den Alkohol, und hierauf in der früheren Weise zu verfahren, 24 Stunden stehen zu lassen, dann zu filtriren und abzupressen. Ich ziehe es vor, zur Darstellung von oxalsaurem Harnstoff das Alkoholextract zur Trockne abzudampfen, mit wenig Amylalkohol in der Wärme auszuziehen und die dadurch erhaltene Flüssigkeit mit einer kalt gesättigten Lösung von Oxalsäure in Amylalkohol zu fällen. Ich erwärme dann, um grössere Krystalle zu erhalten, noch einmal, bis der Niederschlag sich löst, und lasse erkalten. Der Vortheil dieses Verfahrens besteht erstens darin, dass der Amylalkohol Substanzen zurücklässt, welche der Aethylalkohol noch gelöst hatte, und zweitens darin, dass der oxalsaure Harnstoff in Amylalkohol viel schwerer löslich ist als in einer wässerigen Lösung von Oxalsäure. Bei der Darstellung von salpetersaurem Harnstoff hat man den Alkohol vom Alkoholextract vollständig zu verjagen, in wenig Wasser aufzulösen und mit starker, aber von salpetriger Säure freier Salpetersäure zu fällen. Drechsel dialysirt die auf Harnstoff zu untersuchende Flüssigkeit mit Alkohol und gewinnt dann aus letzterem den Harnstoff. Wenn man salpetersauren oder oxalsauren Harnstoff dargestellt hat und über genug Material verfügt, so kann man damit in dem Gréhant'schen Apparate eine Analyse machen und sich auch auf diesem Wege zu überzeugen suchen, dass die dargestellte Substanz in der That Harnstoff war.

Die Harnsäure.

Ein zweiter stickstoffhaltiger Bestandtheil des Harnes ist die Harnsäure. Sie ist wie der Harnstoff ein Product des allgemeinen Stoffwechsels, nicht ein Product der Nieren; denn wenn die Nieren ausgeschnitten werden und das Thier die Operation einige Zeit überlebt, so vermehrt sich ihre Menge im Körper. Dasselbe geschieht nach Unterbindung der Nierengefässe. Pawlinow fand nach derselben bei Tauben Ablagerung von Harnsäure auf den serösen Häuten und in den Lymphgefässen bis zur Verstopfung der letzteren. Man erhält die Harnsäure aus dem Harne, indem man ihn mit Chlorwasserstoffsäure versetzt und 36 Stunden stehen lässt. Die Harnsäure setzt sich dann in gewöhnlich stark gefärbten Krystallen an den Wänden und am Boden des Gefässes an und bildet, wenn sie in grösserer Menge vorhanden ist, auch wohl eine Krystallhaut auf der Oberfläche. Die Krystalle scheiden sich nicht plötzlich aus; man muss die Flüssigkeit 36 Stunden stehen lassen. Das

beruht wahrscheinlich darauf, dass phosphorsaure Salze im Urin enthalten sind, denn aus reinen Lösungen von harnsauren Alkalien scheidet sich bei Zusatz von Salzsäure die Harnsäure plötzlich aus, die Ausscheidung verzögert sich aber in ähnlicher Weise wie im Harne, wenn man vorher gewöhnliches phosphorsaures Natron zusetzt. Die Harnsäurekrystalle, welche auf diese Weise gewonnen werden, bilden rhombische Tafeln, oder, und zwar häufiger noch, Formen (Fig. 44 *a*), wie man sie an den an den Seiten abgerundeten und an den Enden scharf zulaufenden Wetzsteinen sieht, welche in dieser Gestalt vielfach in den Handel gebracht werden. Man sagt deshalb, die Harnsäure bilde wetzsteinförmige Krystalle. Auch in spiessigen, kantigen, abgeplatteten Nadeln, die meist zu Bündeln oder Paketen vereinigt sind (Fig. 44 *b*), scheidet sie sich aus. Ueberall da, wo sich die Harnsäure direct aus dem Menschenharne ausscheidet, zeichnen sich ihre Krystalle vor denen anderer Harnbestandtheile durch ihre bernsteingelbe bis rothbraune Farbe aus. Diese rührt von mitgerissenem Harnfarbstoff her: die Harnsäure selbst ist farblos.

Fig. 44.



Wenn man die Harnsäure rein darstellen will, so thut man nicht gut, sich dazu des menschlichen Harns zu bedienen, weil derselbe zu geringe Ausbeute gibt. Das beste Material sind Schlangenexcremente, welche man gelegentlich von Menageriebesitzern aufkauft. Die Schlangen scheiden fast ihren ganzen Stickstoff in Form von Harnsäure, nicht wie wir in Gestalt von Harnstoff, aus, und da sie ihre Nahrungsmittel sehr vollständig verdauen, so haben ihre Excremente einen sehr hohen procentischen Gehalt an Harnsäure. Sie werden breiig entleert, erhärten und trocknen an der Luft und bilden dann weisse kreidige Massen. Diese werden zerkleinert und in verdünnter Kalilauge aufgelöst. Die Harnsäure bildet zwei Reihen von Salzen, normale und saure. Die sauren Salze der Alkalien sind viel schwerer löslich als die normalen. Wenn man deshalb in die concentrirte Lösung von normalem harnsaurem Kali, welche man durch Auflösen der Schlangenexcremente in Kali erhalten hat, reichlich Kohlensäure einleitet, so bildet sich ein Niederschlag von saurem harnsaurem Kali. Von diesem filtrirt man ab, zersetzt ihn mit Chlorwasserstoffsäure und bekommt dann bisweilen die Harnsäure schon im reinen, im farblosen Zustande. Wenn sie nicht farblos ist, so löst man sie in concentrirter Schwefelsäure auf. Sie löst sich in derselben ohne Zersetzung. In der Schwefelsäure wird der Farbstoff zerstört, und man fällt durch Wasserzusatz die Harnsäure wieder heraus, die dann in der Regel in Gestalt eines weissen krystallinischen Pulvers erhalten wird.

In Ermangelung von Schlangenexcrementen wendet man zur Darstellung der Harnsäure am besten Guano an, der überall als Düngungsmittel käuflich ist. Man muss sich aber erst an einer Probe überzeugen, ob dieselbe eine hinreichende Menge von Harnsäure enthält und eine reichliche Ausbeute verspricht.

Die Harnsäure besteht aus $C_5 H_4 N_4 O_3$. Sie bildet, wie gesagt, zwei Reihen von Salzen, von denen die sauren Salze der Alkalien viel schwerer

löslich sind als die neutralen. Unter diesen sauren Salzen ist am leichtesten löslich das Lithionsalz, weshalb das nicht harmlose kohlensaure Lithion in neuerer Zeit in Gicht und Steinkrankheit angewendet wird, wo man früher kohlensaures Natron gab. Die Harnsäure ist in Wasser sehr schwer löslich, dagegen ist sie in verdünnten fixen Alkalien leicht löslich. In angesäuertem Wasser löst sich nur ein Theil in 10.000 Theilen, in heissem Wasser ist sie leichter löslich. Auch die sauren harnsauren Salze sind in heissem Wasser viel leichter löslich als in kaltem. Man kann dies benützen, um die Harnsäure aus thierischen Flüssigkeiten zu erhalten, welche Eiweisskörper enthalten. Wenn man schwach ansäuert, in der Hitze coagulirt, die Flüssigkeit vom Coagulum heiss abfiltrirt, und sie dann erkalten lässt, so scheidet sich manchmal aus ihr ein grauer, harnsäurehaltiger Beleg aus, der beim vorsichtigen Ausgiessen der kalten Flüssigkeit auf der Porzellanschale zurückbleibt.

Die geringe Löslichkeit der Harnsäure in Wasser, ihre Löslichkeit in fixen Alkalien und in Schwefelsäure und ihre Krystallform machen sie an und für sich schon zu einem leicht zu erkennenden Körper; ausserdem aber hat sie eine sehr schöne und sehr charakteristische Reaction. Man nimmt eine Probe der Substanz, die man für Harnsäure hält oder in der man Harnsäure vermuthet, z. B. eine Probe von Guano, gibt sie in eine Abrauchschale, tröpfelt ein paar Tropfen Salpetersäure darauf und erhitzt zum Abdampfen entweder auf dem Wasserbade oder, wenn man einige Uebung hat, über einer Spirituslampe oder Gasflamme. Man bewegt die Schale über der Flamme, um die Flüssigkeit besser zu vertheilen, und indem sich ihre letzten Mengen verflüchtigen, erhitzt man vorsichtig weiter und achtet darauf, ob in dem gelblichen oder bräunlichen Rückstande zwiebelrothe Flecke erscheinen. Dann lässt man die Schale erkalten, indem man sie auf kaltem Wasser schwimmen lässt, haucht sie, aber nur ganz wenig, an und hält sie über eine Ammoniakflasche. Dann bilden sich da, wo früher zwiebelrothe Flecken gesehen wurden, und auch noch in weiterer Ausdehnung purpurrothe Flecke von Murexid, einem Körper, welcher im Grossen krystallisirt dargestellt ist, und welchen man ursprünglich unter dem Namen des purpursauren Ammoniaks beschrieben hat. Liebig und Wöhler fanden, dass er nicht die Eigenschaften eines Ammoniaksalzes habe, und nannten ihn deshalb Murexid. Später ist von Fritsch wieder behauptet worden, dass diese Verbindung doch ein Ammoniaksalz sei, es sei saures purpursaures Ammoniak. Aber die Gründe, welche er anführte, sind nicht ganz stichhältig, und es fehlt dem Murexid eine Reaction, welche wir bis jetzt ausnahmslos an allen Ammoniaksalzen kennen. Alle Ammoniaksalze geben mit dem sogenannten Nessler'schen Reagens einen orangegelben oder rostbraunen Niederschlag: eine Murexidlösung gibt aber keinen solchen gelben Niederschlag, sondern einen purpurfarbenen, der aber, wenn er längere Zeit gestanden hat, sich in einen rostbraunen Niederschlag umwandelt, woraus wohl hervorgeht, dass das Murexid an und für sich kein Ammoniaksalz, sondern wirklich eine Verbindung sui generis ist, welcher man deshalb mit Recht den ihr von Liebig und Wöhler gegebenen Namen lässt.

Wenn man statt des Ammoniaks Kali oder Natron hinzusetzt, so erhält man statt der purpurrothen Farbe eine violette; der violette Körper ist das sogenannte purpursaure Kali, beziehungsweise Natron.

Um die Harnsäure quantitativ zu bestimmen, versetzt man für praktische Zwecke den Harn mit Salzsäure, lässt ihn 36 Stunden an einem kalten Orte stehen, sammelt die ausgeschiedene Harnsäure auf einem gewogenen Filtrum, wägt und zieht das Gewicht des Filtrums ab. Wie aus dem Früheren hervorgeht, bleibt ein Theil der Harnsäure gelöst, welcher an Gewicht den zehntausendsten Theil des Gewichtes der Flüssigkeit beträgt. Hiefür kann man eine Correction anbringen. Einigermassen wird aber nach den Versuchen von Heintz dieser Fehler schon dadurch corrigirt, dass die Harnsäure sich nicht in ganz reinem Zustande ausscheidet, sondern immer eine gewisse Menge von Farbstoff mit sich reisst.

Ein wesentlicher Fehler dieses Verfahrens besteht nach neueren Untersuchungen darin, dass sich die Harnsäure nicht immer gleich vollständig ausscheidet, sondern häufig grössere Mengen gelöst bleiben. Unrichtig ist indessen die Angabe, dass sich die Harnsäure bei diesem Verfahren aus zuckerhaltigem Harn stets unvollständig ausscheide. Sie kann aus künstlich zuckerhältig gemachtem Harn nach Versuchen, die Dr. Modjejewski in unserem Laboratorium angestellt hat, so vollständig wieder gewonnen werden, wie aus dem nicht mit Zucker versetzten. Wenn also bei diabetischem Harn unvollständige Ausscheidung der Harnsäure beobachtet ist, so muss der Grund in etwas Anderem als dem Zuckergehalte gelegen haben. Dass sich in der Regel, keineswegs immer, wenig, oft auch keine Harnsäure abscheidet, erklärt sich schon aus der grossen Harnmenge, auf welche sich die in 24 Stunden ausgeschiedene Harnsäure vertheilt.

E. Ludwig fällt, um die Harnsäure vollständiger zu erhalten, den Harn mit einer Mischung von ammoniakalischer Silberlösung und einer ammoniakalischen Lösung von Magnesia in Chlorammonium. Der Niederschlag wird mit ammoniakhaltigem Wasser gewaschen und mit einer verdünnten Lösung von Schwefelkalium zerlegt, wobei sich Kaliumurat bildet, das in Lösung bleibt. Man filtrirt ab, säuert Filtrat und Waschwasser mit Salzsäure schwach an und dampft bis auf wenige Cubikcentimeter ein. Die nach dem Erkalten ausgeschiedene Harnsäure wird auf einem Glaswollefilter mit Wasser gewaschen, dann getrocknet und mit Schwefelkohlenstoff und dann mit Aether gewaschen, um sie vom Schwefel zu reinigen.

Allantoin.

Wenn man Harnsäure in Wasser aufschwemmt, zum Sieden erhitzt und Bleisuperoxyd einträgt, so entfärbt sich dieses und es geht eine Reaction vor, bei der sich Kohlensäure, Oxalsäure, Harnstoff und ein Körper, von welchem wir bis jetzt noch nicht gesprochen haben, das Allantoin, bildet. Eine ähnliche Zersetzung geht die Harnsäure noch bei andern Oxydationen ein, z. B. wenn durch übermangansaures Kali oxydirt wird. Das Allantoin besteht aus $C_4\ H_6\ N_4\ O_3$ und wurde zuerst von Vauquelin in der Allantoisflüssigkeit der Kuh gefunden; später wurde es auch im Kälberharne gefunden, und der Harn junger saugender Kälber ist das beste, wohlfeilste Material, um sich das Allantoin durch Abdampfen bei niederer Temperatur und langsamer Krystallisation in sehr schönen farblosen Krystallen zu verschaffen. Es ist im Fruchtwasser

der Frau und innerhalb der ersten acht Tage auch im Harne junger Kinder gefunden worden. Später verschwindet es aus dem Harne, so dass es nicht mit zu den constanten Harnbestandtheilen des Menschen gerechnet werden kann. Dagegen ist es in neuerer Zeit von E. Schulze und J. Barbieri neben Asparagin in den Knospen der Platane gefunden worden. Die erwähnte Zersetzung hat für uns noch ein anderes Interesse. Erstens das Interesse, dass sich aus der Harnsäure Oxalsäure bildet, und sich somit eine Quelle für die Bildung von Oxalsäure im Körper zeigt. Man verbot früher beim Vorkommen von Steinen aus oxalsaurem Kalk alle diejenigen pflanzlichen Nahrungsmittel, welche Oxalsäure enthalten, insonderheit Sauerampfer und Sauerklee, indem man der Meinung war, dass die Oxalsäure von aussen in den Körper hineinkomme. Wir werden später, wenn wir von den Harnsteinen handeln, sehen, dass es viel wahrscheinlicher ist, dass der oxalsaure Kalk, welcher in den Harnsteinen vorkommt, aus der Harnsäure und nicht aus der Nahrung seinen Ursprung habe. Weiter ist diese Zersetzung für uns von Interesse, weil als Zersetzungsproduct Harnstoff gebildet wird, es sich also zeigt, dass die Harnsäure höher in der Reihe der Zersetzungsproducte, welche sich im Körper bilden, steht, als der Harnstoff, und dass, wenn die Menge der Harnsäure im Körper zunimmt, dies keine Vermehrung, keine Beschleunigung der Zersetzung, sondern dass es vielmehr ein Unvollständigwerden der Zersetzung ist, indem sonst noch ein Theil der Harnsäure hätte zerfallen können, so dass sich mehr Harnstoff und weniger Harnsäure gebildet hätte.

Oxalursäure.

Noch ein anderes Zersetzungsproduct ist von Schunck im Harne gefunden worden, nämlich die Oxalursäure. Sie besteht aus $C_3 H_4 N_2 O_4$. Man erhält sie als Zersetzungsproduct der Harnsäure: wenn man diese in Salpetersäure auflöst und gleich nach erfolgter Auflösung mit Ammoniak sättigt, krystallisirt oxalursaures Ammoniak. Die Darstellung aus menschlichem Harn ist ziemlich umständlich. Sie beruht im Wesentlichen darauf, dass die Oxalursäure von Thierkohle zurückgehalten wird. Man filtrirt deshalb grosse Mengen Harn durch Thierkohle und kocht dieselbe mit Alkohol aus. Aus diesem alkoholischen Auszuge sucht man die Oxalursäure zu gewinnen.

Xanthin. ($C_5 H_4 N_4 O_2$.)

Es kommt im Harne in geringer Menge eine Substanz vor, welche man früher auch mit dem Namen der harnigen Säure bezeichnet hat, weil man ihre Formel bekommt, wenn man aus der Formel der Harnsäure ein Atom Sauerstoff wegnimmt. Der Name ist aufgegeben, weil der Körper nicht die Eigenschaften einer Säure hat. Man nennt ihn jetzt nur noch Xanthin. Der Name kommt von ξανθός, gelb, blond, und wurde ihm beigelegt, weil er mit Salpetersäure auf dem Wasserbade eingedampft nicht einen rothen, sondern einen gelben Fleck, einen gelben Nitrokörper gibt. Die Farbe des Fleckes kann indessen durch Erwärmen mit Alkalien durch Roth in Violett übergeführt werden. Das Xanthin wurde

von Marcet in einem Harnsteine entdeckt. Schon vor mehr als einem Vierteljahrhundert gaben Strahl und Lieberkühn an, dass sie es als normalen Bestandtheil im menschlichen Harn gefunden hätten, dass es aber in sehr geringer Menge darin enthalten sei. Es ist diese Angabe später bezweifelt worden. Dann hat aber Strecker wieder nachgewiesen, dass im normalen Harn wirklich Xanthin vorkomme. Es kommt übrigens keineswegs ausschliesslich im Harne vor, es ist vielfach in den Geweben des Körpers, im Pankreas, in der Milz, in den Lymphdrüsen u. s. w. gefunden worden. Es ist auch ein Glied in der Reihe der Zersetzungsproducte der stickstoffhaltigen Nahrung, und zwar ein Glied, das über der Harnsäure steht, weil es niedriger oxydirt ist als diese. Das Xanthin kann mit zwei Körpern verwechselt werden, mit dem Sarkin oder Hypoxanthin $(C_5 H_4 N_4 O)$ und mit dem Guanin. Beide sind ihm in ihren Eigenschaften sehr ähnlich, das Xanthin unterscheidet sich aber nach Strecker dadurch, dass es die gelbe Reaction mit Salpetersäure schon gibt, wenn es mit gewöhnlicher Salpetersäure auf dem Wasserbade abgedampft wird, während Sarkin und Guanin diese Reaction nur geben, wenn sie entweder mit rauchender Salpetersäure abgedampft werden oder mit gewöhnlicher Salpetersäure über freiem Feuer erhitzt. Nach Salkowski und nach Kühne tritt die Reaction beim Guanin prompter und intensiver auf als beim Sarkin, ja selbst als beim Xanthin. Der Nitrokörper, welchen sie geben, ist nach den Untersuchungen von Strecker identisch mit demjenigen, welchen das Xanthin gibt. Mit Alkalien wird er orangeroth, durch weiteres Erhitzen beim beginnenden Eintrocknen purpurfarben. Das Sarkin unterscheidet sich von dem Xanthin wiederum dadurch, dass es ein Atom Sauerstoff weniger enthält als dieses, und es ist ebenso wie das Xanthin in den Geweben weit verbreitet. Es ist zuerst von Scherer in einer Reihe von Geweben und Gewebsflüssigkeiten nachgewiesen und unter dem Namen Hypoxanthin beschrieben worden. Später ist es von Neuem und, man muss sagen, in reinerem Zustande dargestellt worden, und man nannte es Sarkin. Das Guanin wurde von Bodo Unger im Guano entdeckt. Er glaubte zuerst Xanthin gefunden zu haben, aber das Resultat seiner Elementaranalyse $(C_5 H_5 N_5 O)$ stimmte nicht mit dem überein, welches Wöhler bei der Analyse des Xanthins erhalten hatte. Spätere Untersuchungen zeigten, dass der im Guano gefundene Körper nicht Xanthin, sondern eine neue, bisher unbekannte Verbindung sei. Das Guano ist, so viel man bis jetzt weiss, nicht Bestandtheil des menschlichen Harns, aber bei gewissen Thieren kommt es normal als Harnbestandtheil vor, z. B. in den Malpighi'schen Gefässen, den Harnkanälen, der Kreuzspinne. Auch an den Schuppen der Fische kommt es vor; die glänzenden kleinen Krystalle, welche zur Fabrication der falschen Perlen benutzt werden und den sogenannten Fischschuppenglanz bilden, bestehen aus Guaninkalk. Die weisse Masse an der Rückseite der Netzhaut von Abramis Brama, die das sogenannte Retinaltapet dieses und einiger anderer Fische bildet, besteht nach Kühne aus Guanin, und zwar aus amorphem Guanin, nicht wie der Schuppenglanz aus Krystallen von Guaninkalk. Stef. Capranica hat mit Picrinsäure, dann auch mit chromsaurem Kali, endlich mit Ferricyankalium aus Lösungen von salzsaurem Guanin Krystalle erhalten, die zu Auffindung und Erkennung desselben dienen können.

Man hat in neuerer Zeit gelernt, Hypoxanthin und Xanthin auf verschiedenen Wegen als directe Zersetzungsproducte von Blutfibrin und von Eiweiss darzustellen. Hypoxanthin entsteht auch bei der Verdauung, und zwar aus Blutfibrin bei der Pepsinverdauung und bei der Trypsinverdauung, aus Eiweiss ist es bis jetzt nur durch Trypsinverdauung erhalten worden.

Ob Hypoxanthin ein normaler Harnbestandtheil sei, ist noch zweifelhaft. E. Salkowski hat einen demselben sehr ähnlichen und vielleicht mit ihm identischen Harnbestandtheil aufgefunden. G. Salomon hat aus 5 Liter Menschenharn einen bei 270° C. schmelzenden stickstoffhaltigen Körper krystallisirt erhalten, dem er den vorläufigen Namen Paraxanthin gibt. Er hat ihn später in grösseren Mengen dargestellt. Derselbe gibt die gewöhnliche Xanthinreaction nur schwach, färbt sich aber nach dem Eindampfen mit Chlorwasser und wenig Salpetersäure, in eine Ammoniakatmosphäre gebracht, rosenroth. Es ist dies die nach H. Weidel benannte Reaction, welche auch dem Sarkin und Carnin zukommt. Nach Salomon ist das Paraxanthin zusammengesetzt aus $C_7 H_8 N_4 O_2$, welche Zusammensetzung auch dem Theobromin zukommt, von dem aber das Paraxanthin in seinen Eigenschaften wesentlich abweicht. Durch Quecksilberchloryd, von dem es nicht gefällt wird, kann es vom Xanthin getrennt werden. Aus seinen nicht zu verdünnten Lösungen scheidet Natronlösung Paraxanthin-Natron in Krystallen aus.

Hippursäure.

Weiter kommt im Harne eine stickstoffhaltige Säure vor, welche aus $C_9 H_9 NO_3$ besteht und den Namen der Hippursäure führt. Man hat sie Hippursäure genannt, weil sie im Pferdeharne in grosser Menge vorkommt. Sie kommt ebenfalls in grosser Menge im Harne der Rinder vor. Sie ist aber auch ein Bestandtheil des menschlichen Harns, in welchem sie im Allgemeinen in geringerer, aber wechselnder Menge vorkommt, manchmal in derselben Menge wie die Harnsäure, manchmal in geringerer. Wenn man von der Formel der Hippursäure die der Benzoesäure $(C_7 H_6 O_2)$ abzieht und ein Atom Wasser hinzuaddirt, so bekommt man die Formel des Glycocolls $(C_2 H_5 NO_2)$. Und in der That, wenn man die Hippursäure mit Salzsäure kocht, so scheidet sich Benzoesäure ab, und andererseits bekommt man salzsaures Glycocoll. Dass man Benzoesäure aus dem Harne grasfressender Thiere erhalten konnte, ist eine alte Erfahrung, und man hat sogar in früherer Zeit die Hippursäure mit der Benzoesäure verwechselt.

Wenn man die Hippursäure aus dem Harne der Pferde oder der Rinder darstellt, so geschieht dies in der Regel so, dass man ihn mit Kalkmilch kocht, durch Eindampfen concentrirt, filtrirt, und das Filtrat mit Chlorwasserstoffsäure zersetzt, worauf sich die Hippursäure in vierseitigen Prismen mit schiefangesetzten Endflächen ausscheidet. Sie ist schwer löslich in Alkohol, in Wasser und in Aether. Das letztere gibt ein Mittel, um sie von der Benzoesäure zu befreien, welche häufig mit ihr aus dem Pferdeharn ausgeschieden wird. Man zieht das Gemenge von Hippursäure und Benzoesäure mit Aether aus. Die Benzoesäure

t sich im Aether leicht auf, während die Hippursäure grösstentheils :ückbleibt.

Die Hippursäure bildet sich auch innerhalb des Körpers dadurch, ıs Benzoesäure sich mit dem Atomcomplex des Glycocolls verbindet. e wies vor einer langen Reihe von Jahren nach, dass, wenn man ızoesäure einnimmt, diese nicht wieder als solche, sondern als Hippurre ausgeschieden wird, und dass man durch Einnehmen grösserer ngen von Benzoesäure sehr bedeutende Mengen von Hippursäure im rne erzeugen könne. Aehnliches ist später von der Chinasäure, vom ızoeäther, vom Benzamid und vom Bittermandelöl nachgewiesen worden. ɔh andere Säuren bilden nach den Untersuchungen von Schulzen ıliche Substitutionsproducte, andere Hippursäuren, indem sie sich in selben Weise mit Glycocoll verbinden. Nach diesen Erfahrungen ınte man glauben, dass vielleicht in dem Futter der grasfressenden ere, in deren Harn sich grosse Mengen Hippursäure finden, directe terialien für die Bildung derselben enthalten seien. In der That hat h die Art der Fütterung wesentlichen Einfluss. Bei Gras und Heu eint sich am meisten Hippursäure zu bilden; doch sind die Substanzen, in letztere übergeführt werden, wohl nicht vollständig ermittelt. nasäure ist als solche gefunden. Andererseits aber hat sich der Kreis Materialien, auf die man Bedacht nehmen muss, sehr erweitert, man weiss, dass selbst unter den Fäulnissproducten des Eiweisses :per vorkommen, welche im Organismus zum Aufbau des stickstoffın Bestandtheils der Hippursäure dienen können. Man kann dagegen m zweifeln, dass das durch die Spaltung der Glycocholsäure erhaltene cocoll das Material für die Bildung des zweiten Bestandtheils der ›pursäure abgibt. Der Ort der Synthese scheint die Niere selbst zu ı. Nach Kochs und Pflüger bildet sich im Brei frischer zerkleinerter ıren Hippursäure aus Glycocoll und Natriumbenzoat, während weder ɔerbrei noch Blut allein eine ähnliche Wirkung zeigten.

Baumstark's Harnbestandtheil.

Einen der Hippursäure äusserlich sehr ähnlichen, aber chemisch von völlig verschiedenen Stoff hat Baumstark aus dem Harne dargestellt. r Harn wird zu dickem Syrup im Wasserbade abgedampft und der ckstand noch warm mit grossen Mengen absoluten Alkohols so lange :setzt, als noch etwas gefällt wird. Das klare Filtrat wird abgedampft ł der Rückstand, nachdem er mit Salzsäure versetzt ist, mit Aether ıchüttelt, um ihm die Hippursäure zu entziehen. Der zurückbleibende rup wird mit Ammoniak übersättigt und mit Bleiessig gefällt. Die n Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit wird mit Schwefelwasserstoff bleit und dann wieder zur Syrupconsistenz eingedickt. Es krystallisirt 'aus Harnstoff und Baumstark's Verbindung. Sie ist in kaltem ısser und kaltem Weingeist viel schwerer löslich als der Harnstoff und öslich in Alkohol. Durch letzteren wird der Harnstoff entfernt und ın der neue Körper aus heissem Wasser umkrystallisirt, wobei er oft mehreren Millimeter langen, den Hippursäurenadeln ähnlichen Krylen anschiesst. Er hat die Zusammensetzung $C_3 H_8 N_2 O$. Er ist also

den Diamiden der Milchsäuren im weiteren Sinne isomer, abe den Versuchen von Baumstark mit keinem derselben identisc normalen Harne ist er in sehr geringer Menge vorhanden, in g Krankheitsfällen in grösserer.

Kreatinin.

Ein weiterer Bestandtheil des Harns ist das Kreatinin. Wir es schon als Zersetzungsproduct des Kreatins kennen gelernt. Wir gesehen, dass, wenn man das Kreatin mit Säuren oder auch nur an mit Wasser kocht, dasselbe sich nach und nach unter Wasserausscl in eine starke Base, in Kreatinin, umwandelt. Das Kreatinin ($C_4 H$ ist ein regelmässiger Bestandtheil des Harnes, während das Kreat es scheint, normaler Weise nicht darin vorkommt. Andererseits Kreatin ein regelmässiger Bestandtheil des Muskelsaftes, währe Kreatinin, das man daraus gewonnen hat, wahrscheinlich au Kreatin während der chemischen Arbeit entstanden ist. Das Kr wird aus Harn erhalten als Kreatininchlorzink, und wird als solch quantitativ im Harne bestimmt. Man macht den Harn mit etwa milch alkalisch, setzt dann noch Chlorcalciumlösung hinzu, sieht, eine Fällung von phosphorsaurem Kalk entsteht, und filtrirt. Das dampft man bis zur Syrupconsistenz ab. Dann zieht man es mit von 98 Volumprocenten aus, engt die Flüssigkeit ein, fällt mit ein centrirten alkoholischen Lösung von Chlorzink, bringt die Flüssig die Kälte, damit sich von dem im Alkohol schwer löslichen Kr chlorzink möglichst Alles ausscheidet. Nun sammelt man die Kr auf einem gewogenen Filtrum und wägt. In neuerer Zeit benüt auch Phosphorwolframsäure, welche das Kreatinin ähnlich wie und andere organische Basen aus sauren Lösungen fällt, zur Dars desselben aus dem Harne.

Glycerinphosphorsäure.

Glycerinphosphorsäure wird für einen normalen Harnbesta gehalten. Wenn man Harn mit Kalkmilch und Ammoniak ausfäl das Filtrat mit Schwefelsäure kocht, so erhält man durch Zus schwefelsaurer Magnesia und Ammoniak noch Krystalle von ph saurer Ammoniakmagnesia und in der Flüssigkeit lässt sich G nachweisen.

Carbolsäure.

Im Harne kommt nach Einigen in geringer Menge auch das ($C_6 H_6 O$), die Carbolsäure vor, nach Anderen nur eine phenolb Substanz, nach E. Baumann Phenylschwefelsäure, die bei der Dest des angesäuerten Harns zerlegt wird. Das Phenol ist im Destill angesäuerten Harnes durch verschiedene Reactionen, durch die be Reaction mit Salzsäure und einem Fichtenspahne, durch Brom durch Eisenchlorid u. s. w. nachgewiesen worden. Auch Parakresolsc säure ist von Baumann im Harne gefunden. Nach den von We

Tyrosin angestellten Versuchen wird es wahrscheinlich, dass das Parakresol als Zersetzungs-, beziehungsweise Fäulnissproduct des Tyrosins entstanden und die Bildungsstätte für dasselbe der Darmkanal, namentlich der Dickdarm ist. Baumann hat im Harn auch Paraoxyphenylsäure gefunden.

Indigobildende Substanz im Harne.

Weiter kommt im Harne noch eine lange räthselhafte Substanz vor, welche von Schunck darin aufgefunden worden ist, und die ich vorläufig die indigobildende Substanz nennen will, weil sie als Umwandlungs- oder Zersetzungsproduct Indigo gibt. Es ist mehrmals auffallend rother und auch blauer Urin beobachtet worden, und Urin beobachtet worden, aus welchem sich ein blaues Sediment absetzte, oder ein rothes Pulver gemischt mit einem blauen. Ein solches blaues Pulver wurde vor etwa 40 Jahren dem berühmten Chemiker Eilhard Mitscherlich zur Untersuchung übergeben, und er erkannte, dass diese Substanz Indigo sei. Später hat man blaue Stoffe öfter im Harne wiedergefunden und aus dem Harne dargestellt und ihnen verschiedene Namen gegeben. In neuerer Zeit hat es sich gezeigt, dass höchst wahrscheinlich alle diese blauen Substanzen Indigo waren, und dass man aus jedem Harne mehr oder weniger Indigo darstellen kann, so dass sich das blaue Indigosediment als Zersetzungsproduct eines normalen Harnbestandtheiles ergibt. Die künstliche Zersetzung wird durch Salzsäure eingeleitet. Durch starke Salzsäure wird aller Harn mehr oder weniger dunkel und roth, und es scheidet sich dabei ein Sediment aus, welches nebeneinander Indigoblau und eine rothe, nach Thudichum stickstofflose Substanz enthält. Um aber das Indigoblau reiner zu erhalten, fällt man den Harn erst mit neutralem essigsaurem Blei aus. Dann wird ein grosser Theil der Farbstoffe gefällt, und der Harn tropft als sehr lichtgelbe Flüssigkeit ab. Jetzt fällt man das Filtrat mit basisch essigsaurem Blei, und filtrirt wieder, und nun tropft der Harn als eine farblose Flüssigkeit ab. Ich erwähne diese Procedur ausdrücklich in dieser Weise, weil behauptet worden ist, dass sich das Indigo aus einem Farbstoffe des Harns, welchen man mit dem Namen Uroxanthin belegt hat, bilde. Aber Jedermann kann sich überzeugen, dass dies ein Irrthum ist, weil man das Indigo aus der farblosen Flüssigkeit gewinnt. Man setzt Ammoniak hinzu, wobei noch einmal ein Niederschlag entsteht. Diesen Niederschlag sammelt man auf dem Filtrum, leert ihn von diesem in eine Abrauchschale, übergiesst ihn mit mässig verdünnter Salzsäure, rührt um und filtrirt nun rasch. Je nachdem die Salzsäure stärker gewesen ist, beginnt die Zersetzung schon während des Filtrirens, so dass sich der Rückstand auf dem Filtrum schon blau färbt. Im Filtrate scheidet sich binnen 24 Stunden an der Oberfläche ein feines krystallinisches Häutchen von Indigo ab, und wenn man die Flüssigkeit vorsichtig ausgiesst, so legt es sich an den Boden der Porzellanschale an und bleibt so in derselben zurück. Man kann an diesem Häutchen die kornblumenblätterartigen Krystalle von Indigo sehr gut unter dem Mikroskope sehen. Man kann sich ferner durch alle bekannten Reactionen des Indigo überzeugen, dass man es wirklich mit solchem zu thun habe.

Jaffé hat gefunden, dass die indigobildende Substanz im Harne bei Thieren bedeutend vermehrt wird, wenn man ihnen Indol unter die Haut injicirt. Da nun Indol von Kühne als eines der Producte erkannt worden ist, die sich bei der Pankreasverdauung unter der Mitwirkung von mikroskopischen Organismen bilden, und da wir wissen, dass es sich fortwährend im Darmkanal bildet, so glaubt Jaffé, dass das Indol aus dem Darme resorbirt wird, und auf diese Weise zur Bildung der indigobildenden Substanz Veranlassung gibt. Er hat auch in einem Falle von Ileus, wo grosse Mengen von Faeces im Darme angehäuft waren, und sich längere Zeit dort aufhielten, eine ganz ungewöhnliche Menge von Indigo aus dem Harne erhalten.

Schunck war der Ansicht, dass in dem Harne dieselbe Substanz enthalten sei, welche nach ihm in einer Mutterpflanze des Indigo, in der Isatis tinctoria, enthalten, durch den bekannten Process der Indigobereitung das Indigo gibt. Diesem Stoffe gab er den Namen Indican.

Schunck's Ansicht ist jedoch mehrfach bestritten worden. Nach Baumann und Brüger, die auf dem von Jaffé betretenen Wege weiter gearbeitet haben, ist die indigobildende Substanz eine Aetherschwefelsäure, die sie Indoxylschwefelsäure nennen und deren Kaliumverbindung die Zusammensetzung $C_8\ H_6\ NSO_4\ K$ zeigte.

Zu bemerken ist, dass bei einem von C. A. Ewald untersuchten Kranken mit Anus praeternaturalis, indigobildende Substanz und Phenol im Harn fehlten, so lange der Speisebrei nicht in das abwärts von der Fistelöffnung liegende Darmstück gelangte. Nachdem dies wieder geschah, wurden beide Substanzen im Harn gefunden. Ihre Bildungsstätte oder die ihrer Muttersubstanz scheint also wesentlich im Dickdarme zu suchen zu sein.

Urobilin.

Ich habe Ihnen eben gesagt, dass, wenn man den Harn mit neutralem essigsauren Blei ausfällt, ein grosser Theil der gefärbten Stoffe des Harns ausgefällt wird, dass, wenn man dann noch mit basisch essigsaurem Blei ausfällt, der Rest der Farbstoffe herausfällt. Es sind also offenbar mehrere stark gefärbte Stoffe im normalen Urin enthalten. Ueber ihre chemische Natur weiss man sehr wenig. Wenn man so viel Kenntniss von ihnen hätte, wie man Namen für sie erfunden hat, so würde man viel besser daran sein als jetzt. Aber einer dieser Farbstoffe hat in neuerer Zeit ein wesentliches physiologisches Interesse erhalten. Es ist dies ein Harnfarbstoff, welcher namentlich in dem dunkelgefärbten Urin Fieberkranker in grosser Menge enthalten ist, und den Jaffé aus demselben dargestellt hat. Er charakterisirt sich durch zwei sehr auffallende Eigenschaften: erstens dadurch, dass er in sauren Lösungen einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen E und F zeigt, und zweitens dadurch, dass die Lösung, wenn man sie ammoniakalisch macht und eine kleine Menge von Chlorzink hinzusetzt, eine sehr schöne Fluorescenz zeigt. Dieser Farbstoff, Urobilin genannt, hat zunächst deswegen in neuerer Zeit ein solches Interesse erlangt, weil Maly nachgewiesen hat, dass er sich künstlich aus dem Cholepyrrhin, dem sogenannten Bilirubin, der Galle, darstellen lässt. Maly

gewinnt ihn aus der alkalischen Lösung des Cholepyrrhins, von dem wir wissen, dass es sich an der Luft zu Biliverdin oxydirt, durch Einwirkung von Natriumamalgam, und ebenso hat er ihn durch Reduction und Einwirkung von Natriumamalgam, aus dem Biliverdin mit allen charakteristischen Eigenschaften, welche Jaffé von ihm angibt, gewonnen. Das Bilirubin nimmt, indem es sich in Urobilin umwandelt, zwei Atome Wasserstoff und ausserdem ein Atom Wasser auf. Man kann kaum zweifeln, dass Urobilin, auch im menschlichen Körper aus dem Farbstoffe der normalen Galle, aus dem Cholepyrrhin entsteht, und zwar scheint die Umwandlung des Cholepyrrhins in Urobilin schon im Darmkanale stattzufinden. Denn Jaffé hat nachgewiesen, dass ein gelber Farbstoff, welchen man aus den Faeces dargestellt hatte, nichts Anderes war als das von ihm dargestellte Urobilin. Der Gang der Dinge würde also der sein, dass bei den Veränderungen, welche die Galle im Darmkanale erleidet, das Cholepyrrhin in Urobilin umgewandelt wird, dass ein Theil des Urobilins resorbirt und durch den Harn ausgeschieden wird, und der Rest mit den Faeces fortgeht. Ferner hat Hoppe-Seyler nachgewiesen, dass sich durch Anwendung von Reductionsmitteln, am einfachsten von Zinn und Salzsäure, auf Hämatin daraus Urobilin gewinnen lässt. Es ist also hierdurch mittelbar auch der chemische Zusammenhang von Blutfarbstoff und von Gallenfarbstoff hergestellt.

Aus dem Harn gewinnt man das Urobilin nach Salkowski, indem man mit alkoholfreiem Aether ausschüttelt, den Aether abzieht und verdampft und den Rückstand, den er gelassen, in Alkohol löst. Die Lösung ist rosenroth mit grüner Fluorescenz und zeigt das Urobilinspectrum. Nencki empfiehlt, das Urobilin mittelst sauren Amylalkohols aus dem Harne auszuschütteln. C. A. Mac Munn unterscheidet normales Urobilin und febriles Urobilin. Letzteres ist ein Reductionsproduct des ersteren und kann durch übermangansaures Kali in dasselbe zurückverwandelt werden.

Kryptophansäure.

Thudichum hat im Harne eine stickstoffhaltige Säure beschrieben, von welcher er in erster Reihe die saure Reaction des Harns ableitet, und welche er mit dem Namen der Kryptophansäure belegt hat. Es ist indessen noch Streit über diese Säure. Es ist noch unentschieden, ob Thudichum eine reine Substanz oder ein Gemenge vor sich hätte, und wir wollen deshalb hier augenblicklich nicht näher auf den Gegenstand eingehen.

Der Zucker im Harne.

Es kommen im Harne kleine Mengen von Zucker vor und von Milchsäure, welche wahrscheinlich, sei es innerhalb, sei es ausserhalb der Harnwege, aus Zucker entstanden sind. Dass Spuren von Zucker im Harne vorkommen, ist an und für sich nichts Wunderbares, da wir seit so vielen Jahren wissen, dass im Blute immer Zucker enthalten ist, der Zucker eine krystalloide Substanz ist, es also sehr wunderbar sein würde, wenn er nicht mit anderen krystalloiden Substanzen in den Harn

übergehen würde. Wissen wir ja doch alle, dass er in grossen Mengen in den Harn übergeht, wenn er in grossen Mengen im Blute enthalten ist. Der Diabetes mellitus beruht ja nur darauf, dass grosse Mengen von Zucker, grössere als im Normalzustande, im Blute enthalten sind. Aber die Frage ist deshalb von grosser Wichtigkeit, weil immer noch Einige behaupten, dass der Diabetes mellitus, wenn ich mich so ausdrücken soll, nicht nur eine quantitative Anomalie sei, dass nicht nur mehr Zucker ausgeschieden werde als in normalem Zustande, sondern dass im normalen Urin kein Zucker ausgeschieden werde, und der Diabetes mellitus als Krankheitsprocess darin bestehe, dass in ihm Zucker durch die Nieren hinausgehe. Wir müssen uns deshalb näher mit den Beweisen beschäftigen, welche dafür vorliegen, dass immer kleine Mengen von Zucker ausgeschieden werden, und dass der Diabetes mellitus sich eben dadurch vom normalen Zustande unterscheidet, dass, indem grössere Mengen von Zucker im Blute sind, auch grössere Mengen von Zucker in den Harn übergehen.

Wir haben früher die Trommer'sche Zuckerprobe angestellt und haben gesehen, dass wir einen Niederschlag erhalten von Kupferoxydulhydrat, welches gelb gefärbt ist, oder von Kupferoxydul, das roth gefärbt ist. Das war aber nicht das Wesentliche der Probe, sondern das Wesentliche der Probe bestand darin, dass eine Reduction stattfand, und dass wir aus dieser Reduction auf Zucker schlossen, wenn eben kein anderer reducirender Körper vorhanden war. Wenn wir Harn mit Kali versetzen und fügen eine kleine Menge von Kupfervitriol hinzu, so entsteht zuerst ein Niederschlag, der sich aber, wenn die hinzugefügte Kupfervitriolmenge nicht zu gross ist, wieder auflöst. Nun theilt man die erhaltene Flüssigkeit in zwei Theile, von welchen nur ein Theil erhitzt wird. Es entsteht dann in dem erhitzten Harne, wenn nicht gerade zufällig in demselben etwas mehr Zucker enthalten ist, kein Niederschlag. Vergleicht man aber die beiden Proben mit einander, so findet man, dass die eine tiefgrün ist, und dass die andere, die erhitzte, gelb ist. Die grüne Farbe rührt von dem Kupferoxydsalze her, und das ist offenbar jetzt verschwunden, es hat also eine Reduction stattgefunden. Giesst man die gelbe Flüssigkeit in eine Porzellanschale und schwingt sie an der Luft herum, so wird sie wieder grün, das Kupferoxydul absorbirt Sauerstoff aus der Luft und verwandelt sich wieder in Oxyd. Warum hat sich das Oxydul oder das Oxydulhydrat, welches sich bei der Reduction bildet, nicht ausgeschieden? Die Antwort darauf lautet, dass kleine Mengen von Kupferoxydul oder Kupferoxydulhydrat nicht ausgeschieden werden, weil der Harn Substanzen enthält, oder beim Kochen mit Kali Substanzen in ihm erzeugt werden, welche das Oxydul in Lösung erhalten. Als eine dieser Substanzen kennen wir das Ammoniak. So wie es ein schön blau gefärbtes, leicht lösliches Kupferoxydammoniak gibt, so gibt es ein Kupferoxydulammoniak, welches gleichfalls leicht löslich und dabei farblos ist.

Wenn sich also Ammoniak im Harne entwickelt, so bleibt mehr oder weniger Kupferoxydul im Harne gelöst. Man hat das bestritten weil, wenn man zu einer Zuckerlösung Ammoniak hinzusetzte, und dann erhitzte, doch das Oxydul oder Oxydulhydrat sich ausschied. Die Verhältnisse sind aber wesentlich andere. Erstens handelt es sich hier um

sehr kleine Mengen von Zucker, und zweitens verjagt man im Gegenversuche das Ammoniak durch Erhitzen, während man im Harne Körper hat, welche unter der Einwirkung des Kali fortwährend neues Ammoniak liefern. Man hat deshalb auch nach längerem Erwärmen keine ammoniakfreie Flüssigkeit. Es soll damit nicht gesagt sein, dass nicht andere Substanzen im Harne mit zur Auflösung des Kupferoxyduls beitragen. Namentlich weiss man dies vom Kreatinin, und nach Maly gilt es auch vom Farbstoffe des Harns, oder von einem der Farbstoffe. Es handelt sich nur darum, in wie weit diese Substanzen als solche wirken und in wie weit das Ammoniak wirkt, das sich aus denselben entwickelt. Thatsache ist, dass kleine Mengen von Oxydul aufgelöst bleiben. Daraus also, dass kein Niederschlag entsteht, kann man nicht schliessen, dass im normalen Harn kein Zucker enthalten sei. Umgekehrt würde es sehr voreilig sein, aus der Reduction ohne Weiteres zu schliessen, dass Zucker darin enthalten sei. Denn im Harne kommen noch zwei andere Substanzen vor, von welchen wir gewiss wissen, dass sie reduciren, Harnsäure und Kreatinin. Reine Harnsäure reducirt in ähnlicher Weise wie Zucker und scheidet ein rothes Pulver von Oxydul aus. Kreatinin reducirt auch, nur bleibt das Oxydul oder Oxydulhydrat gelöst. Aus der Trommer'schen Probe erfahren wir, dass eine Reduction stattgefunden hat, und dass also eine reducirende Substanz im Urin war, nichts weiter. Wir wissen immer noch nicht, ob diese Reduction vom Zucker herrührt. Um dies sagen zu können, müssen wir die andern reducirenden Körper ausschliessen.

Wie geht es zu, dass man in der Praxis so grossen Werth auf das Erscheinen des rothen und gelben Niederschlages legt? In allen Spitälern sehen Sie die Zuckerprobe machen; wenn kein Niederschlag entsteht, wird das Glas mit Beruhigung hingestellt, es ist kein Zucker vorhanden; wenn aber ein rother oder ein gelber Niederschlag entsteht, wird auf Zucker geschlossen. Das hat seinen guten Grund darin, dass dieser rothe oder gelbe Niederschlag dann entsteht, wenn relativ zu den andern Bestandtheilen des Harns eine ungewöhnliche Menge von Zucker im Harne enthalten ist, und diese ungewöhnliche Menge von Zucker ist eben der pathologische Zucker, nach dem man sucht, und deshalb legt man in der Praxis auf das Entstehen dieses Niederschlages so grossen Werth.

Man kann aber hiebei doch Täuschungen unterliegen, wenn man die Probe so anstellt, wie sie vielfältig angestellt wird. Man hat zur grösseren Bequemlichkeit vorbereitete Flüssigkeiten, welche man nur mit dem Harn mischt, erhitzt und sieht, ob dann ein Niederschlag entsteht. Solche Flüssigkeiten sind die Fehling'sche Flüssigkeit, der liqueur de Barreswil u. s. w. Alle bestehen im Wesentlichen aus Kali oder Natron, einem Kupferoxydsalze, schwefelsaurem oder essigsaurem Kupferoxyd, und einem weinsauren Salze. Gewöhnlich wendet man dazu, weil man es am leichtesten rein erhalten kann, das sogenannte Seignette-Salz, das weinsteinsaure Kalinatron, an. Wenn Sie ein Kupferoxydsalz und Kali zusammengiessen, so entsteht ein türkisenblauer Niederschlag von Kupferoxydhydrat. Wenn Sie aber dann ein weinsaures Salz hinzufügen, so löst sich dieser Niederschlag wieder auf, Sie bekommen eine schöne tief gefärbte, blaue Flüssigkeit. Man bedient sich mitunter, um diesen Niederschlag aufzu-

lösen, statt des weinsauren Salzes des reinen Glycerins. Die vorbereiteten Flüssigkeiten haben erstens den Nachtheil, dass sie verderben, dass sie nach und nach selbst anfangen, Oxydul auszuscheiden, schon bei gewöhnlicher Temperatur und dann noch weiter beim Erhitzen. Das würde aber der geringste Nachtheil sein, denn, wenn sie verdorben sind, könnte man neue machen. Aber sie haben den wesentlichen Nachtheil, dass, wenn man mit ihnen arbeitet, man beträchtliche Mengen von Zucker übersehen kann, so beträchtliche, dass sie schon als pathologisch bezeichnet werden müssen. Die Sache ist folgende. Man schüttet die Probeflüssigkeit zum Harn; um nicht zu wenig hinzuzuschütten, giesst man reichlich von der Kupferoxydlösung hinzu, dass die Farbe schön und tief blau oder grün ist, und dann erhitzt man. Entsteht kein Niederschlag, so sieht man es an, als ob kein Zucker vorhanden gewesen wäre. Möglicher Weise ist aber das Oxydul in Lösung geblieben, und die Entfärbung hat man nicht wahrgenommen, weil man eben eine überschüssige Menge der Probeflüssigkeit hinzugesetzt hat. Man hat keinen Massstab mehr dafür, wie viel man von der Probeflüssigkeit hinzusetzen soll.

Es kommt oft, namentlich bei alten Leuten vor, dass Zucker im Harne in einiger Menge enthalten ist, in grösserer Menge als im normalen Harne, dass aber daneben eine so grosse Menge von stickstoffhaltigen Substanzen vorhanden ist, dass man keinen Niederschlag bekommt. Diesen Zucker übersieht man leicht, wenn man sich der Fehling'schen oder Barreswil'schen Probeflüssigkeit bedient. Wenn man dagegen die Zuckerprobe so anstellt, wie wir sie hier angestellt haben, so wird es sogleich auffallen, dass, wenn man Kali hinzugesetzt hat und nun die verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzutröpfelt, man eine ungewöhnliche Menge derselben zusetzen kann, ehe auch nur eine Spur eines bleibenden Niederschlages entsteht, und wenn man erhitzt, so entfärbt sich die Probe, oder richtiger, sie wird bernsteingelb, trotz der grossen Menge von Kupferlösung, welche man hinzugesetzt hat. Manchmal kann man sich, wenn man das Glas erkalten lässt, überzeugen, dass sich nachträglich noch ein gelber Niederschlag von Kupferoxydulhydrat ausscheidet. Alle diese vorbereiteten Flüssigkeiten sind daher zu verwerfen, und die Probe ist so anzustellen, wie sie ursprünglich von Trommer angegeben worden ist. Nachdem man das Kali zum Harn hinzugefügt hat, thut man wohl, zu filtriren, damit man beim Zusetzen der Kupferlösung nicht durch die vorhandene Trübung darüber getäuscht wird, ob sich das gefällte Oxydhydrat noch vollständig wieder auflöse oder nicht. Hat man unvorsichtiger Weise die Grenze überschritten, so dass eine blaue Trübung zurückbleibt, und hat man kein Material mehr, um eine neue Probe zu mischen, so löst man vor dem Erwärmen die Trübung mittelst einiger Tropfen einer Lösung von weinsteinsaurem Kalinatron wieder auf. Operirt man mit einer unter den gegebenen Umständen zu verdünnten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, so dass man beim successiven Zusetzen derselben zu viel Flüssigkeit erhält, so giesst man einen Theil der Mischung weg, und fügt dann weiter Kupferlösung hinzu. Die hierdurch hervorgerufene Verdünnung ist kein Hinderniss für das Gelingen der Probe, im Gegentheile, sie befördert die Ausscheidung eines Niederschlages. Man verdünnt sogar, um

letzteren zu erhalten, einigermassen concentrirten Harn, in welchem man das Normale übersteigende Zuckermengen vermuthet, vor Anstellung der Probe mit Wasser. Urine von Diabetikern pflegt man schon vor dem Erwärmen daran zu erkennen, dass sie, obgleich sie blass sind und dadurch wenig concentrirt erscheinen, doch beim Zusetzen des Kupfersulfats so viel Hydroxyd lösen, dass sie damit eine klare, tiefblaue Flüssigkeit bilden. Löst ein Harn viel Kupferhydroxyd auf, gibt aber trotzdem, was bei concentrirten Harnen vorkommt, beim Kochen keinen Niederschlag, sondern nur Entfärbung, so ist natürlich schon durch letztere die Reduction einer grösseren Menge von Kupferoxyd festgestellt. Will man das Oxydul oder Oxydulhydrat direct zur Anschauung bringen, so geht man nach meinen Erfahrungen am besten folgendermassen zu Werke: Man neutralisirt die entfärbte Probe vorsichtig und unvollkommen mit verdünnter Schwefelsäure. Bei nur noch schwach alkalischer Reaction trübt sie sich, es scheidet sich das Hydroxydul fast vollständig aus. Kocht man nun die Probe noch einmal, so wird der Niederschlag compacter, färbt sich intensiver gelb oder roth und senkt sich beim Erkalten der Probe zu Boden.

Eine zweite Probe, die einfachste von allen, welche, so viel ich weiss, ursprünglich von Pélouze angegeben wurde, die aber jetzt gewöhnlich als Moor'sche Probe bezeichnet wird, während man sie eine Zeit lang die Heller'sche Probe nannte, besteht darin, dass man den Harn mit etwas Kali oder Natron versetzt und zusieht, ob er sich beim Kochen bräunt. Man stellt sie am besten so an, dass man von dem zu untersuchenden Harn eine Probe in ein Reagirglas giesst, Kali hinzufügt, nachdem gut gemischt worden ist, die Hälfte der Probe in ein anderes Reagirglas überleert und kurze Zeit kocht. Man bemerkt dann beim Vergleichen der beiden Hälften, dass die erhitzte dunkler gefärbt ist als die nichterhitzte. Das Kochen darf nicht in einem blossen einmaligen Aufsieden bestehen, da die Einwirkung des Kalis dann noch nicht beendigt ist. Andererseits kocht man nicht so lange, dass der Harn durch das Kochen sich so concentriren könnte, dass er schon dadurch merklich dunkler würde. Beim Stehen an der Luft blasst die Farbe nach und nach wieder ab. Dies ist auch der Fall, wenn man reine Zuckerlösung angewendet hat. Kohlensäure und Sauerstoff der Atmosphäre wirken beide, die Farbe zu verändern, aber jedes in anderer Weise. Wird die frisch gekochte Lösung in Glasröhren mit möglichst wenig Luft eingeschmolzen, so tritt dieses Verblassen nicht ein. Auch diese Probe spricht dafür, dass im normalen Harn Zucker enthalten ist: denn, wenn man sie mit solchem anstellt, so ist immer die erhitzte Hälfte deutlich dunkler. Als Beweis für das Vorhandensein von Zucker im normalen Harn genügt aber auch diese Probe nicht. Die Substanzen, welche uns bei der Trommer'schen gestört haben, Kreatinin und Harnsäure, stören uns zwar bei dieser Probe nicht, denn sie bräunen sich beide nicht mit Kali, aber das Bräunen mit Kali ist im Ganzen unter den organischen Substanzen eine ziemlich häufige Erscheinung und könnte also von einem anderen, uns noch nicht näher bekannten Harnbestandtheile herrühren. Beim Untersuchen des Harns von Kranken ist es gut, diese Probe zuerst anzustellen, weil die erzielte Farbenveränderung schon auf die Zuckermenge schliessen lässt, welche der Harn möglicher Weise enthalten kann,

und ein negatives oder fast negatives Resultat jede weitere Prüfung unnöthig macht. Wenn man die Probe mit einem stark gefärbten Harn angestellt und ein zweifelhaftes Resultat erhalten hat, so ist es gut, den Harn zu verdünnen und mit dem nun blässeren Harn die Probe noch einmal anzustellen. Die relative Zuckermenge ist zwar jetzt geringer, aber beim Vergleich tritt jetzt die eingetretene Veränderung oft deutlicher hervor.

Wir haben noch eine dritte Probe, die Böttger'sche Probe, kennen gelernt. Diese besteht darin, dass man zu dem Harne, welchen man vorher mit Kali versetzt hat, eine kleine Menge von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd hinzusetzt. Die Menge muss in unserem Falle sehr klein sein (vergl. S. 235), weil wir im normalen Harn jedenfalls nur eine sehr geringe Menge von Zucker erwarten. Die Reduction findet in zweierlei Weise statt. Wenn einigermassen grössere Mengen von Zucker vorhanden sind, so wird das Wismuthsalz reducirt zu Wismuthmetall und färbt sich schwarz, wenn dagegen nur sehr kleine Mengen von Zucker darin enthalten sind, so ist der Niederschlag, der, nachdem sich die Probe geklärt hat, am Boden liegt, nur grau. Es kann die graue Farbe von Wismuthoxydul herrühren oder davon, dass noch unzersetztes Wismuthoxyd vorhanden ist und auch phosphorsaurer Kalk, welcher sich aus dem alkalisch gemachten Harne ausgeschieden und sich mit dem reducirten Metall oder Oxydul gemischt hat. Jedenfalls zeigt also auch die graue Färbung an, dass eine Reduction stattgefunden hat. Hat keine solche stattgefunden, so zeigt der Bodensatz die lichtgelbe Farbe des Wismuthoxydes.

Die Böttger'sche Probe ist nicht ganz so empfindlich wie die Trommer'sche, wenn man bei dieser die Entfärbung berücksichtigt: denn dann kann man ihr eine fast unbegrenzte Empfindlichkeit geben, indem man nur eine sehr geringe Menge Kupfersalz zusetzt und erhitzt und dann noch eine Entfärbung bekommt. Die Böttger'sche Probe gibt indess in gewöhnlichen Fällen mit normalem Menschenharn auch ein positives Resultat und macht es wahrscheinlicher, dass wirklich Zucker im normalen Harne enthalten sei; denn, wie schon der Erfinder derselben, Böttger, angibt, reducirt keiner der bekannten normalen Harnbestandtheile das basisch salpetersaure Wismuthoxyd. Harnsäure und Kreatinin verhalten sich durchaus inactiv dabei. Wenn man mit Harnsäure oder Kreatinin die Probe anstellt, so findet man, dass sich das basisch salpetersaure Wismuthoxyd nur gelb färbt, was daher rührt, dass das Kali die Salpetersäure an sich reisst und gelbes Wismuthoxyd zurückbleibt.

Die Böttger'sche Zuckerprobe muss mit einiger Vorsicht angestellt werden. Vor Allem nehme man nicht zu viel vom basisch salpetersauren Wismuthoxyd (oder vom Wismuthoxydhydrat, wenn man sich dieses statt des Wismuthsalzes bedient. Vergl. S. 234). Eine Menge von der Grösse eines halben Stecknadelkopfes genügt für mehrere Kubikcentimeter Flüssigkeit. Erhält man bei menschlichem Harn, der nicht so verdünnt ist, dass sein specifisches Gewicht nur wenig von dem des destillirten Wassers abweicht, ein negatives Resultat, so kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, dass man zu viel vom Wismuthsalze genommen hat, und hat die Probe zu wiederholen. Zweitens füge man nicht zu wenig Kali hinzu. Ich pflege einen Theil concentrirte Kalilösung auf drei Theile Harn zu nehmen. Endlich drittens erfolgt die Reduction nicht

wie bei der Trommer'schen Probe schon bei 56°, sondern erst bei 100°, und man hat deshalb die Probe zu kochen, bis sie, wenn man sie von der Flamme entfernt und dann wieder an dieselbe heranbringt, zu stossen beginnt. Da das Charakteristische der Probe, die Schwärzung, bei hinreichend kleinen Wismuthmengen auch mit normalem Harn erhalten wird, so ist dieselbe nicht ohne Weiteres anwendbar, um zu ermitteln, ob anomale, grössere Zuckermengen im Harn enthalten sind. Man muss sich dann immer erst überzeugen, dass auch grössere Mengen von Wismuthoxyd reducirt werden. Eine genauere quantitative Bestimmung hat sich leider auf diese Probe bis jetzt nicht gründen lassen; aber schon das rasche Eintreten des Rauchigwerdens der Flüssigkeit gleich im Beginne des Kochens erweckt den Verdacht, dass der Zucker im Harn pathologisch vermehrt sei. Man wiederholt dann die Probe mit grösseren Mengen von Magisterium Bismuthi, um zu sehen, ob auch diese noch reducirt werden. Man führt hiermit so lange fort, bis man die Grenze erreicht hat. Man kann sich auch eine Probeflüssigkeit machen, indem man Wismuthlösung mit weinsaurem Kalinatron (Seignette-Salz) mischt und dann Kali hinzufügt, bis der beim Neutralisiren entstandene Niederschlag sich durch weiteren Kalizusatz wieder vollständig gelöst hat. Man erhitzt diese Probeflüssigkeit dann zweckmässig zum Sieden, giesst etwas von dem Harne hinein und kocht noch kurze Zeit.

Diese Böttger'sche Probe ist in ihrer ursprünglichen Gestalt nicht überall anwendbar. Es können Körper, welche bleischwärzenden Schwefel enthalten, z. B. Eiweisskörper, im Urin enthalten sein; dann färbt sich das Pulver zwar auch schwarz, aber die schwarze Farbe rührt nicht sowohl von der eingetretenen Reduction, als vielmehr vom gebildeten Schwefelwismuth her. Man muss deshalb immer eine Gegenprobe machen, man muss eine Probe Harn mit Kali versetzen, eine kleine Menge von fein gepulvertem Bleioxyd oder einen Tropfen von der Lösung eines Bleisalzes hinzusetzen und dann erhitzen. Wenn sich Schwefelwismuth gebildet hat, so muss sich auch Schwefelblei bilden, was man an der braunschwarzen bis schwarzen Farbe erkennt. Hat sich Schwefelblei gebildet, so stellt man eine erneuerte Wismuthprobe in folgender Weise an. Man bereitet sich Jodwismuthkalium durch Auflösen von frisch gefälltem, basisch salpetersaurem Wismuthoxyd in heisser Jodkaliumlösung unter Zusatz von Salzsäure. Man säuert den zu untersuchenden Harn mit Salzsäure an. Man wird bald, wenn man sich das Reagens in grösserer Menge bereitet hat, aus dem Gebrauche lernen, wie viel verdünnte Salzsäure man hinzuzufügen hat; eine zu grosse Menge ist schon deshalb schädlich, weil sie im Verlaufe des Verfahrens neutralisirt werden muss. Anfangs macht man eine Vorprobe mit einer gleichen Menge Wassers, das so weit angesäuert werden muss, dass hineinfallende Tropfen des Reagens es nicht trüben. Der nöthige Säurezusatz ist hier wieder abhängig von der Menge der freien Säure, die schon im Reagens enthalten ist.

Nachdem man angesäuert hat, fällt man mit dem Reagens aus, wartet einige Minuten, bis sich der Niederschlag zusammengesetzt hat, und filtrirt; das Filtrat darf weder durch einen Tropfen verdünnter Salzsäure, noch durch einen Tropfen des Reagens getrübt werden. Hat man sich überzeugt, dass dies nicht der Fall ist, so übersättigt man reichlich mit einer concentrirten Aetzkalilösung, wobei sich ein weisser

flockiger Niederschlag von Wismuthoxydhydrat ausscheidet. Man kocht nun ohne zu filtriren, und beobachtet, ob Schwärzung durch reducirtes Wismuth eintritt. Es ist, wo es sich um Nachweis von Zucker überhaupt handelt, darauf zu achten, dass der entstandene weisse Niederschlag nicht zu reichlich sei, so dass er, beim Kochen grösstentheils in lichtgelbes Oxyd umgewandelt, kleine Mengen von reducirtem Metall oder Oxydul verdecken könnte. Ist dies der Fall, so lässt man den Niederschlag, nachdem er entstanden ist, sich absetzen, giesst die klare Flüssigkeit in ein anderes Probirglas über und lässt ihr noch einige Flocken des Niederschlages folgen, weniger oder mehr, je nachdem man die kleinsten Mengen von Zucker nachweisen oder nur untersuchen will, ob etwa grössere Zuckermengen vorhanden sind. Handelt es sich darum, zu erfahren, ob der Zucker pathologisch vermehrt ist, und ist des ausgefallenen Hydroxyds zu wenig, um bei seiner Reduction auf grössere Zuckermengen schliessen zu lassen, so setzt man vor dem Kochen noch Magisterium Bismuthi hinzu, um zu sehen, ob auch dieses noch reducirt wird.

Durch das Ausfällen mit Jodwismuthkalium sind Blut, Eiweiss, Eiter oder eiteriger Schleim, die zur Bildung von Schwefelwismuth Veranlassung gaben, vollständig entfernt worden.

Auch das Vorhandensein von Schwefelalkalien in Substanz beirrt bei diesem Verfahren die Böttger'sche Probe nicht, da das Wismuth zu denjenigen Metallen gehört, die durch Schwefelwasserstoff schon aus saurer Lösung als Schwefelmetalle gefällt werden. Bei hinreichendem Ueberschuss des Reagens und mässigem Säuregrade geht aller Schwefel der Schwefelalkalien in Schwefelwismuth über und bleibt auf dem Filtrum zurück. Der Ueberschuss an Reagens darf nicht zu gering sein. Wenn die Probe auch nur noch einen leisen Geruch nach Schwefelwasserstoff zeigt, so schüttele man anhaltend und füge von Zeit zu Zeit kleine Portionen des Reagens hinzu, bis derselbe vollständig verschwunden ist.

Eine endliche Controle darüber, dass das schwarze Pulver, welches man erhalten hat, Wismuthmetall und nicht auch Schwefelwismuth ist, liegt in Folgendem: Man sammelt das Pulver auf einem kleinen glatten Filtrum, wäscht es zusammen, reisst das überflüssige Papier ab, legt den Rest in eine kleine flache Glas- oder Porzellandose, übergiesst ihn mit Salzsäure, die man durch Verdünnen starker, rauchender Salzsäure mit dem gleichen Volumen Wasser erhalten hat, und deckt einen gutschliessenden Deckel darauf, an dessen Innenseite ein Stückchen Filtrirpapier haftet, das man an einer Stelle mit einem Tropfen Bleilösung befeuchtet hat. Ist Schwefelwismuth vorhanden, so bräunt sich die mit Bleilösung befeuchtete Stelle.

Es handelt sich nun darum, die kleinen Mengen von Zucker, welche im normalen Harne sind, von den übrigen Bestandtheilen so weit zu trennen, dass die Reactionen so eintreten, wie sie bei einigermassen reinen Zuckerlösungen einzutreten pflegen. Zu dem Ende habe ich zuerst folgendes Verfahren eingeschlagen. Es wird frischer Harn mit so viel Alkohol versetzt, dass er 80 Volumprocent absoluten Alkohol enthält. Man nimmt dazu Alkohol, der wenigstens 94 Volumprocente an absolutem Alkohol enthält; man nimmt ihn nicht verdünnter, damit man nicht zu viel Flüssigkeit bekommt. Nun filtrirt man von den ausgeschiedenen,

im verdünnten Alkohol schwer löslichen Salzen ab; dann setzt man so viel von einer verdünnten alkoholischen Kalilösung hinzu, dass ein richtig bereitetes rothes Lakmuspapier sich eben blau färbt, aber nicht mehr. Jeder Zusatz darüber ist schädlich und verdirbt das ganze Verfahren. Jetzt bringt man das Glas, in welchem sich die Flüssigkeit befindet, in einen möglichst kalten Raum und lässt sie dort stehen, bis sie sich geklärt hat, was gewöhnlich nach 24 Stunden geschehen ist. Hierauf giesst man sie vorsichtig aus und stürzt das Glas auf Fliesspapier um. Man wird nun bemerken, dass es an seinen Wandungen einen Beleg hat, entweder nur, als ob es angehaucht wäre, oder in Form eines krystallinischen Ueberzuges, der dem Glase das Ansehen einer gefrorenen Fensterscheibe gibt. Dieser Beleg besteht aus Salzen, welche sich ausgeschieden haben, zugleich enthält er aber einen Theil des Zuckers des Harnes, welcher sich als Zuckerkali, vielleicht auch als Zuckerkalk oder Zuckermagnesia mit den Krystallen ausgeschieden hat. Wenn die noch ausrinnende Flüssigkeit in das Fliesspapier eingezogen ist, so löst man den Beleg in wenig Wasser auf und stellt mit dieser Lösung nun Zuckerproben an. Da man hier fast gar keine andern verunreinigenden Substanzen hat, als die Salze, so gelingt die Trommer'sche Probe in der gewöhnlichen Weise, d. h. es scheidet sich rothes Oxydul aus, und die Böttger'sche Probe und die Kaliprobe geben gleichfalls ein positives Resultat. Man hat behauptet, dass man bei diesem Verfahren durch die Harnsäure getäuscht werden könne. Das wäre aber nur dann möglich, wenn man die Trommer'sche Probe allein anstellen würde. Wenn man die Böttger'sche Probe anwendet, kann man überhaupt niemals durch Harnsäure getäuscht werden, weil bei dieser keine Reduction durch Harnsäure stattfindet. Das Wismuth wird überhaupt, so viel man weiss, von keinem der normalen Harnbestandtheile reducirt. Dagegen muss man bei Harnuntersuchungen vor Umwandlungsproducten eingenommener Medicamente auf der Hut sein, da z. B. nach Einnehmen von Chloralhydrat im Harn eine Säure gefunden ist, die auch das Wismuth reducirt.

Es ist ferner gesagt worden, es könne sich hier kein Zucker ausgeschieden haben, weil sich Zuckerkali erst aus wässeriger Lösung ausscheide, wenn man so viel Weingeist zusetzt, dass das Gemisch 90 Procent absoluten Alkohols enthält. Ich muss aber bemerken, dass ich meine Versuche bei sehr niederer Temperatur angestellt habe — die Flüssigkeit stand 24 Stunden in einem Raume, der den ganzen Winter nicht geheizt wurde — und dass ich stets sehr genau die Reaction beobachtete. Uebrigens enthält der Harn ausser Kali nicht nur Natron, sondern auch Kalk und Magnesia, und es ist sehr wohl möglich, dass die Zuckerverbindung einer dieser Basen sich schon bei geringerem Alkoholgehalt der Flüssigkeit ausscheidet.

Es ist endlich gesagt worden, ich hätte dieses Verfahren verlassen und ein anderes aufgesucht, weil ich es selbst für unzuverlässig gehalten hätte. Nun kann man eine Probe in zweierlei Richtung für unzuverlässig halten: man kann eine Zuckerprobe für unzuverlässig halten, insofern als sie Zucker vortäuschen könnte, wo keiner ist; man kann sie aber auch für unzuverlässig halten, weil Einem Zucker entgehen könnte, wo derselbe vorhanden ist. Bei mir war das letztere der Fall. Es hat mich dieses Verfahren in mehreren Fällen im Stiche gelassen, wo das Resultat der

verschiedenen am frischen Urin angestellten Proben mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten liess, dass doch Zucker im Harne sei. Ich habe deshalb noch einen andern Weg eingeschlagen. Dieser bestand darin, dass ich zuerst den Harn mit neutralem, dann mit basischem essigsauren Blei ausfällte und endlich zu dem Filtrat noch Ammoniak hinzusetzte, ganz in der Weise, wie man es macht, um die indigobildende Substanz darzustellen. Hierauf aber zersetzte ich nicht mit Salzsäure, sondern ich versetzte den Ammoniakniederschlag mit einer kalten Lösung von Oxalsäure. Dann bildet sich kein Indigo, weil die indigobildende Substanz dabei nicht zersetzt wird, aber die Flüssigkeit enthält Zucker. Wenn man die Bleiniederschläge näher untersucht, so findet man, dass mit dem gewöhnlichen essigsauren Blei kein Zucker oder wenigstens nur Spuren davon herausgefällt werden, dass aber auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei schon Zucker herausfällt, und zwar um so mehr, je mehr Zucker im Harne ist, also im diabetischen Harne schon in ziemlicher Menge: die grösste Menge von Zucker ist aber in dem Niederschlage enthalten, der durch Ammoniak hervorgebracht wird. Dass schon auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei Zucker herausfällt, ist auf den ersten Anblick einigermassen auffallend, weil eine reine Harnzuckerlösung durch basisch essigsaures Blei nicht gefällt wird.' Wir haben es hier mit der übrigens nicht seltenen Erscheinung zu thun, dass eine Substanz, die an und für sich im reinen Zustande aus einer Flüssigkeit durch ein Reagens nicht ausgefällt wird, in Folge des Vorhandenseins anderer Substanzen in der Flüssigkeit beim Fällen mit demselben Reagens mitgerissen wird.

Auch dieses Verfahren genügt, um den Zucker des normalen Harns so weit von den übrigen Substanzen abzuscheiden, dass bei der Trommer'schen Probe ein rother oder gelber Niederschlag erscheint. Diesem Verfahren ist für denselben Zweck neuerlich von E. Ludwig und Abeles noch ein anderes substituirt worden. Sie fällen den möglichst frischen Harn mit einer heissen Lösung von Chlorblei im Ueberschuss, filtriren und versetzen das Filtrat mit Ammoniak. Vom jetzt erhaltenen Niederschlage filtriren sie die Flüssigkeit ab, zersetzen ihn dann mit Schwefelsäure und filtriren vom schwefelsauren Bleioxyd, um so die Flüssigkeit zu erhalten, mit der sie dann die Trommer'sche Probe anstellen.

Ich habe mich endlich meiner beiden eben erwähnten Methoden bedient, um den Zucker so weit zu reinigen, dass er der Gährungsprobe unterworfen werden konnte, und es hat sich auch hier gezeigt, dass man es wirklich mit Zucker zu thun hatte, indem sich Kohlensäure in messbarer Menge entwickelte, und die Gegenprobe, die mit einer gleichen Quantität von derselben Hefe angestellt wurde, zeigte, dass die Kohlensäure wirklich aus dem Zucker der Probe und nicht aus der Hefe stammte. Zu demselben Resultate ist auch später Kühne gekommen, und Bence Jones hat diese Gährungsversuche noch mehr im Grossen angestellt und nicht nur die Kohlensäure, sondern auch das zweite Gährungsproduct, den Alkohol, nachgewiesen. Endlich ist später noch eine Arbeit von Huizinga erschienen, in welcher sich derselbe noch auf einem andern Wege, mit Hilfe der Reductionsprobe mittelst Molybdänsäure, von dem Vorhandensein von Zucker im normalen Harne überzeugt hat. In neuester Zeit hat Abeles in E. Ludwig's Laboratorium den Zucker aus normalem Harn in hinreichender Menge dargestellt, um, nachdem er Gährungs-

rsuche, bei denen Kohlensäure und Alkohol nachgewiesen wurden, macht hatte, sich auch noch die Drehung der Polarisationsebene zur ıschauung zu bringen.

Wir können also die Zuckerausscheidungen in grösserer Menge, wie e im Diabetes stattfinden, nicht als etwas durchaus Neues ansehen, ndern nur als eine Vermehrung einer normalen Ausscheidung, eine ermehrung, die eben deshalb eintritt, weil eine die normale Menge eit übersteigende Quantität von Zucker im Blute enthalten ist. Es ist ›er durchaus unrichtig zu glauben, dass bei Ausscheidungen ungewöhncher Zuckermengen in allen Fällen ein unheilbarer Krankheitsprocess ı Grunde liege. Erstens ist es bei Schwangeren und Säugenden gar icht ungewöhnlich, dass sie das gewöhnliche Mass weit überschreitende engen von Zucker, und zwar, wie Franz Hofmeister nachgewiesen at, Milchzucker im Urin ausscheiden. Sie scheiden oft so viel Zucker ıs, dass die Trommer'sche Probe einen reichlichen gelben Niederschlag ibt. In anderen Fällen wird der Harn bei der Trommer'schen Probe üb und dabei grünlich oder lehmfarben. Dies beruht häufig aufAusheidung von Kupferoxydulhydrat oder Kupferoxydul in geringerer enge und in sehr fein vertheiltem Zustande, so dass es sich schwer ›setzt. Die grüne Farbe rührt dann davon her, dass in blaugrüner üssigkeit gelbes Oxydulhydrat, die Lehmfarbe davon, dass in ihr thes Oxydul suspendirt ist. Um das Absetzen des Pulvers zu befördern, ellt man die Gläser in kaltes Wasser und in einen dunklen Raum. enn die Trübung sich auch dann nicht so absetzt, dass der Niederhlag seine Farbe deutlich zeigt, so darf sie nicht ohne Weiteres für e Diagnose verwerthet werden: denn fein vertheilte blaue oder augrüne Substanzen, in unserem Falle also Oxydverbindungen, können gelber Flüssigkeit eine grüne Trübung hervorrufen. In zweifelıften Fällen, sei der Urin von einer Schwangeren, einer Wöchnerin, nem Greise, einem Kranken oder einem einer Krankheit Verdächtigen, rdünnt man, um rasch und ohne eigentliche quantitative Bestimmung ı einem Resultate zu gelangen, den Harn mit dem Drei- oder Vierchen seines Volums an Wasser und stellt mit dieser verdünnten lüssigkeit die Probe noch einmal an. Ist die Zuckermenge beträchtlich ber der normalen, so bildet sich auch jetzt noch Oxydul in hineichender Menge, und es pflegt sich nun aus der verdünnten Flüssigkeit ichter und vollständiger abzuscheiden. Seegen filtrirt bei zweifelaftem Erfolge der ersten Probe durch Kohle und benutzt nun nicht as Filtrat, sondern die verdünnte Flüssigkeit, die er durch Nachraschen mit Wasser aus dem Filterrückstande erhält, zur Anstellung iner zweiten Probe.

Es kommen aber auch bei jüngeren männlichen Individuen bedeuende Zuckerausscheidungen ohne besondere pathologische Erscheinungen or. Das wurde zuerst von einem jungen Manne beobachtet, welcher in inem chemischen Laboratorium arbeitete und sich auf die Zuckerproben einübte. Er untersuchte seinen eigenen Urin und bemerkte zu seinem Schrecken, dass er Zucker enthalte. Diese Ausscheidung abnorm grosser Zuckermengen dauerte einige Monate, ohne dass er darunter irgendwie litt. Einen ähnlichen Fall habe ich selbst an einem etwa zweiundzwanzigjährigen Manne beobachtet, welcher auf demselben Wege ganz zufällig

so bedeutende Zuckermengen in seinem Harne fand, dass bei der Trommerschen Probe ohne Weiteres ein reichlicher gelber Niederschlag entstand. Dieser Fall mag etwa 20 Jahre her sein, der Mann hat seitdem einen schweren Rheumatismus durchgemacht, ist übrigens gesund und hat den grössten Theil der Zeit in angestrengter ärztlicher und amtlicher Thätigkeit zugebracht. Der auffallendste Fall dieser Art ist ein Diabetes, welcher in fünf Tagen verlief. Es war die Menge der Flüssigkeit, welche ausgeschieden wurde, so bedeutend, dass diese den Patienten darauf aufmerksam machte, dass ein pathologischer Zustand vorhanden sei. Es wurde eine grosse Menge eines ganz blassen Urins ausgeleert, und in der That zeigte die Untersuchung, dass in dem Harne eine pathologische Menge von Zucker enthalten sei. Sie betrug nach einer Bestimmung, die ich mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparat machte, 20 Gramm im Liter; nichtsdestoweniger war nach vier Tagen die ganze Erscheinung verschwunden. Nach mehr als zehn Jahren, im Winter 1874, veranlasste häufiger Drang zum Harnlassen mit reichlichem blassen Urin dasselbe Individuum wieder seinen Harn untersuchen zu lassen. Der Zucker war vermehrt, aber wie schon die qualitativen Proben zeigten, in so geringem Masse, dass keine quantitative Bestimmung gemacht wurde. Mit Eintritt der warmen Witterung verschwanden die Erscheinungen, und der Harn, den ich jetzt wieder zur Untersuchung bekam, zeigte nichts Abnormes. Seither ist auch von Aerzten vielfältig nach Vergiftungen mit gewissen Substanzen und im Verlaufe oder in Folge von Krankheiten durch kürzere oder längere Zeit Glycosurie beobachtet worden.

Zur Untersuchung auf einen Zuckergehalt, der den des normalen Urins überschreitet, schlägt Emil Fischer vor, 50 Kubikcentimeter des zu untersuchenden Harns mit 2 Gramm salzsaurem Phenylhydrazin und 3 Gramm essigsaurem Natron im Wasserbade zu erhitzen. Ist hinreichend Zucker vorhanden, so fällt schon nach 10 Minuten eine gelbe, von ihm entdeckte Verbindung, Phenylglycosazon, heraus, die entweder für sich schon charakteristische nadelförmige Krystalle zeigt, oder aus der doch durch Umkrystallisiren mittelst Alkohol solche erhalten werden können. R. v. Jaksch hat dieses Verfahren in einer grösseren Anzahl von Fällen praktisch ausgeführt und bewährt gefunden. Von essigsaurem Natron nimmt er nur die Hälfte.

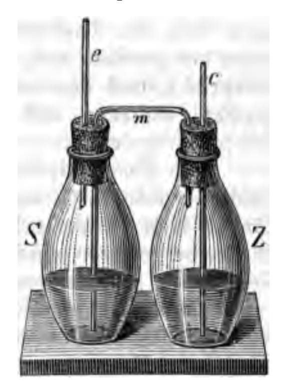
Da die dauernde pathologische Zuckerausscheidung eine schwere Krankheit begründet, und in derselben die Kenntniss von der Menge des ausgeschiedenen Zuckers von wesentlicher prognostischer Bedeutung ist, so ist es uns auch darum zu thun, den Zucker quantitativ bestimmen zu können. Hiezu sind verschiedene Wege eingeschlagen worden.

Erstens kann man den Zucker, wie dies häufig geschieht, aus dem specifischen Gewichte des Harnes bestimmen. Es ist dies das einfachste, aber, ohne weitere Correction angewendet, auch das roheste und ungenaueste Verfahren. Da beim diabetischen Urin, wenn grosse Mengen von Flüssigkeit gelassen werden, die Menge der anderweitigen Harnbestandtheile, weil sie sich auf diese grosse Wassermasse vertheilt, sehr gering ist, so geht das specifische Gewicht nahezu parallel mit dem Zuckergehalte des Harnes. Wenn also das specifische Gewicht des Harnes zunimmt, nimmt auch der Zucker zu, und wenn das specifische Gewicht des Harnes abnimmt, nimmt auch der Zucker ab. Wenn man dabei

ugleich die Menge des binnen 24 Stunden gelassenen Urins berück-ichtigt, so kann man eine ungefähre Vorstellung darüber gewinnen, in rie weit die Menge des in 24 Stunden ausgeschiedenen Zuckers im teigen oder im Fallen ist. Wollte man den Bestimmungen aus den)ecifischen Gewichten und den gelassenen Harnmengen eine grössere enauigkeit geben, so müsste man durch eine Reihe von Versuchen die elation zwischen dem specifischen Gewichte einerseits und dem festen ückstande eines gegebenen Harnvolums andererseits annähernd zu er-itteln suchen, dann müsste man aus dem specifischen Gewichte und m Volumen des binnen 24 Stunden gelassenen Harns die präsumptive enge der festen Bestandtheile bestimmen und hievon das Gewicht ziehen, welches ein Gesunder bei derselben Diät binnen 24 Stunden festen Harnbestandtheilen ausgeleert haben würde.

Man kann ferner den Zucker im diabetischen Harn bestimmen rch Gährung. Man versetzt letzteren mit etwas Hefe, lässt ihn ver-hren, destillirt etwa zwei Drittel der Flüssigkeit ab, bestimmt das ecifische Gewicht des Destillates und berechnet nach einer Alkohol-belle die Menge des Alkohols, welche darin thalten ist. Man kann den Zucker auch aus r Menge der bei der Gährung entwickelten hlensäure bestimmen. Man geht dabei folgen-rmassen zu Werke. Man nimmt die beiden lben Z und S Fig. 45, deren jeder einen ppelt durchbohrten Kork hat. Z enthält den ckerhaltigen Urin in gemessener Menge, S con-ntrirte Schwefelsäure. Beide sind durch das hr m mit einander verbunden. Dasselbe durch-brt in Z nur den Kork, in S aber reicht es unter das Niveau der Schwefelsäure. Das hr e durchbort den Kork von S, das Rohr c n Kork von Z, und letzteres reicht bis unter s Niveau des hineingemessenen Urins, den n mit etwas Hefe und ein wenig Weinsäure rsetzt hat. Nachdem das Ganze zusammengestellt ist, wird es als nzes gewogen und dann so lange einer Temperatur von 20° bis 25° C. sgesetzt, bis die Gährung beendigt ist, was man daran erkennt, dass h keine Kohlensäure mehr entwickelt, und die Flüssigkeit in Z sich ärt. Nun setzt man mittelst Kautschukverbindung an e ein Saugrohr d saugt so lange trockene atmosphärische Luft durch, bis die ganze hlensäure, welche sich in Z angesammelt hatte, herausgesaugt und rch atmosphärische Luft ersetzt ist. Darauf wägt man den ganzen pparat sammt Inhalt wieder. Die Differenz zwischen der Wägung vor d der Wägung nach der Gährung gibt die Kohlensäure, welche bei r Gährung gebildet und entwichen ist, und aus dieser berechnet man e Menge des zerfallenen Zuckers.

Fig. 45.



Eine dritte auf Gährung basirte Methode besteht darin, dass man as specifische Gewicht des Harnes vor und nach der Gährung nimmt, nd aus der Differenz nach einer empirischen Formel die Menge des in Kohlensäure und Alkohol zerfallenen Zuckers bestimmt.

Die Gährungsmethoden, wenigstens die beiden zuerst erwähnte beruhen auf der Voraussetzung, dass der Zucker geradeauf in Kohlen säure und Alkohol zerfällt, und dass sich keine Nebenproducte bilder Diese Voraussetzung ist aber nicht richtig. Selbst in einer reine Zuckerlösung kann man die Gährung nie so leiten, dass nicht auc Nebenproducte entstünden, so dass also die Rechnung immer ungena ausfällt. Noch weniger gelingt dies mit zuckerhaltigem Harne. Deshalt und weil diese Proben verhältnissmässig zeitraubend sind, werden si wenig ausgeführt, und man hält sich vielmehr an die optische Bestim mung und an die Bestimmung des Zuckers mittelst schwefelsaure Kupferoxyd. Bei den Bedenken aber, die, wie wir bald sehen werder sich gegen beide erheben, ist es freilich zweifelhaft, ob man die Be stimmung durch Gährung nicht künftig wieder häufiger ausführen wir

Die leichteste und die bequemste Methode der Zuckerbestimmun ist die mit dem Polarisationsapparate. Man bestimmt die Menge de Zuckers aus der Drehung der Polarisationsebene. Leider haben aber di Untersuchungen von Tscherinoff nachgewiesen, dass diese Method nicht genau ist, denn, wenn man den Zucker daneben möglichst sorg fältig auf chemischem Wege mittelst Kupferoxydlösung bestimmt, so finde man, dass ein Theilstrich, welcher einem Gramm Zucker in 100 Kcm Harn entsprechen soll, bei irgend einem Harn einmal nur 0,900 Gramm entspricht, und dass er bei einem andern Harn z. B. 1,11 Gramm ent spricht, während sich wieder andere Harne zwischen beide erwähnt Beispiele stellen.

Den Umstand, dass mehr Zucker durch die chemische Analyse ge funden worden ist, als mit dem Polarisationsapparate gefunden wurde, könnte man daraus erklären, dass noch andere reducirende Substanzen im Harne gewesen sind. Aber diese Versuche wurden an einem Kranken welcher in sehr hohem Grade an Diabetes litt, angestellt, bei welchem grosse Mengen von Zucker und so grosse Mengen von Urin gelasser wurden, dass in der einzelnen Urinprobe gar keine durch Salzsäure ab scheidbare Harnsäure mehr gefunden wurde, und schon Winogradow hat darauf aufmerksam gemacht, dass in so hohen Graden von Diabetes mit den übrigen stickstoffhaltigen Bestandtheilen meistens auch da Kreatinin in seiner Menge sehr vermindert wird. Der Fehler, der au diese Weise entstehen konnte, und der dann auf Seite der chemische Analyse war, war sicherlich sehr gering. Von der Abwesenheit de Eiweisses, das als linksdrehender Körper die Angabe des Polarisations apparates hätte herabsetzen können, hatte sich Tscherinoff überzeugt Dagegen konnte ein inactiver oder linksdrehender Zucker im Harn ent halten sein. Dass letzteres vorkommt, ist ausser Zweifel. Auch wa es damals noch nicht bekannt, dass im diabetischen Harne eine links drehende Säure, die von E. Külz entdeckte Pseudooxybuttersäure, vor kommt. Man muss wohl sagen, dass man auch die Drehungsconstant des rechtsdrehenden Harnzuckers oder der rechtsdrehenden Harnzucke denn es mögen ihrer mehrere sein, vielleicht darunter auch Maltose un Inosit, so wie er im Harne vorkommt, nicht mit Sicherheit kennt, un daraus möchte es sich erklären, dass bisweilen durch die chemisch Analyse auch weniger Zucker gefunden wurde, als nach der optische Probe zu erwarten war.

Man kann sich bei der Bestimmung durch den Polarisationsapparat nach den vorliegenden Daten leicht um ein Zehntheil der gesammten Mengen des Zuckers nach abwärts oder nach aufwärts irren. Wenn man eine Reihe von vergleichenden Bestimmungen dieser Art an einem einzelnen Kranken macht, so findet man, dass die nahe aneinanderstehenden untereinander gut übereinstimmen, aber dass dann zu irgend einer Zeit eine Aenderung eintritt, und nun die optische und chemische Analyse nicht mehr mit einander übereinstimmen, während sie früher mit einander stimmten, oder dass sie jetzt eine wesentlich andere Differenz zeigen als diejenige, welche sie früher charakterisirte. Eine Schwierigkeit bei den optischen Untersuchungen liegt darin, dass der Harn in den Fällen, in welchen keine Polyurie vorhanden ist, stark gefärbt ist, und man deshalb mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate (Seite 236) nicht auf die Teinte de passage einstellen kann. Dann legt man vor das Ocular des Polarisationsapparates ein nicht zu dunkles, mit Kupferoxydul roth gefärbtes Glas, eines von den gewöhnlichen überfangenen Gläsern, wie sie jetzt allgemein im Handel vorkommen. Man muss natürlich jetzt den Winkel α corrigiren, weil dieser für die Teinte de passage berechnet ist, und muss den Winkel α für die Ablenkung des rothen Strahles nehmen.

Man schreibt dem wasserfreien Traubenzucker für die Teinte de passage und ebenso für das gelbe Licht ein specifisches Drehungsvermögen von $+ 56^0$ zu und nimmt an, dass man dieses mit $\frac{23}{30}$ zu multipliciren habe, um das specifische Drehungsvermögen für das rothe Licht zu erhalten. Dies würde also ein specifisches Drehungsvermögen von $42^0\ 56'$ geben. Aus den Versuchen, die Tscherinoff mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate bei gewöhnlicher Zimmertemperatur und bei Lampenlicht mit unentfärbtem diabetischem Harn und ohne Anwendung des rothen Glases anstellte, ergibt sich das specifische Drehungsvermögen des als krystallisirt gedachten Harnzuckers im Mittel zu $48^0\ 1'$, für den als wasserfrei gedachten ein specifisches Drehungsvermögen von $52^0\ 8'$. Gearbeitet wurde mit einem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate von 200 Mm. Röhrenlänge. Da 1 Decimeter die conventionelle Einheit für die Röhrenlänge ist, so ist in der Formel $[\alpha] = \frac{a}{dl}$ (S. 237) $l = 2$ zu setzen, d ist die Concentration ausgedrückt nach dem Volum, also die Anzahl der Gramme Zucker, die in 1000 Kubikcentimeter, also im Liter Harn enthalten sind, dividirt durch Tausend. Es gibt dies, wenn wir den obigen Werth $48^0\ 1'$ für $[\alpha]$ einsetzen, dass jeder Grad Rotation an diesem Instrumente und unter diesen Umständen einen Gehalt von 10,4 Gramm krystallisirten Harnzucker für das Liter repräsentirt, oder richtiger gesagt, dass diese Zahl als die mittlere aus einer Anzahl von Versuchen die meiste Wahrscheinlichkeit der Näherung für sich hat.

Leopold Weiss hat indessen darauf aufmerksam gemacht, dass wegen der verschiedenen Färbung der rothen Ueberfanggläser der Factor $\frac{23}{30}$ keine allgemeine Geltung hat. Man muss den Reductionsfactor deshalb für das Glas, welches man anwendet, eigens bestimmen, was am besten geschieht, wenn man unter Anwendung einer farblosen Rohrzuckerlösung vergleichende Ablesungen macht ohne rothes Glas und mit demselben und ihn aus den Resultaten dieser Ablesungen berechnet. Weiss hat

auch nachgewiesen, dass die Werthe nicht ganz gleich sind, welche man für farblose Flüssigkeiten erhält, wenn man einmal bei Tages- oder Lampenlicht auf Teinte de passage, das andere Mal bei Natronlicht auf dunkel einstellt: der erstere Werth verhält sich zum letzteren wie 104 zu 100. Er fand ferner, dass sehr blasse Urine, bei gewöhnlichem Lampenlicht untersucht, dieselben Werthe geben, wie bei Natronlicht, die tiefgefärbten dagegen solche, wie bei rothem Licht. Da die tiefgefärbten Urine bei gewöhnlichem Lampen- und Tageslicht mit dem Mitscherlich'schen Polarisationsapparate schwer zu untersuchen sind, so wendete er als Beleuchtungsmittel die Harnacker'sche Lampe an. Gleiche Dienste leistet natürlich jede andere ähnlich kräftige Lichtquelle.

Cornu schneidet das polarisirende, das der Lichtquelle zugewendete Nicol'sche Prisma der Länge nach durch und schleift die wieder zusammenzukittenden Flächen um ein ganz Geringes schief ab. Wenn er nun das Prisma wieder zusammenkittet und es einlegt, so ist das Sehfeld niemals ganz dunkel, denn wenn es für die eine Hälfte des Nicol ganz dunkel ist, ist es für die andere Hälfte des Nicol heller. Da er nun den optischen Theil seines Instrumentes so einrichtet, dass das Nicol selbst in der Entfernung des deutlichen Sehens ist, so kann er jetzt so einstellen — und darauf beruht die Genauigkeit der Einstellung — dass beide Hälften des Nicol, dass beide Hälften des Gesichtsfeldes gleich hell sind. Auf einem andern Kunstgriffe beruht der jetzt häufig gebrauchte Polarisationsapparat à penombre. Hinter dem Polariseur ist eine einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge gelben Lichtes bedingende Quarzplatte aufgestellt, die das halbe Sehfeld deckt. Ist der Polariseur so gerichtet, dass die Schwingungsebene des aus ihm austretenden Strahls mit keiner der beiden Schwingungsebenen in der Quarzplatte zusammenfällt, so sind beide Hälften des Sehfeldes im Allgemeinen ungleich hell, werden aber bei einer gewissen Stellung des Analyseurs gleich hell. Diese Stellung des letzteren zeigt der Nullpunkt der Theilung an. Wird nun die drehende Flüssigkeit eingeschaltet, so werden beide Hälften wieder ungleich hell. Man dreht den Analyseur, bis sie wieder gleich hell sind, und liest den Drehungswinkel ab. Die Rechnung ist ganz wie beim Mitscherlich'schen Apparate. Beim Apparat à penombre pflegt man auch den Polariseur drehbar zu machen, um mit Hülfe kleinerer Drehungen desselben diejenige Helligkeit des Sehfeldes herzustellen, welche am besten unterscheiden lässt, ob beide Hälften gleich hell sind oder nicht.

Einen complicirteren, kostspieligeren, aber für reine Zuckerlösungen höchst vortrefflichen Apparat hat Soleil erfunden, und derselbe ist später noch durch Ventzke modificirt worden. Er beruht auf einer Drehung, welche durch Quarzplatten hervorgebracht wird, und auf Compensation durch Quarzkeile. Ich gehe auf seine Construction nicht näher ein, weil er für die Untersuchung des Urins keine wesentlichen Vortheile bietet. Wir haben gesehen, dass man bei jeder optischen Untersuchung des Harnes doch um ein Zehntheil der ganzen gefundenen Menge irren kann; man hat also wenig Vortheil davon, dass man einen Apparat besitzt, der für reine Zuckerlösungen in der That genauere Angaben macht, als der Mitscherlich'sche. Ueberdies zeigt dieser Soleil-Ventzke'sche Apparat seine ganze Ueberlegenheit nur bei farblosen Flüssigkeiten, während der zu untersuchende Urin, manche Fälle von sehr schwerem Diabetes aus

genommen, mehr oder weniger stark gefärbt ist. Man hat, um besser zu arbeiten, den Urin mit Thierkohle entfärbt oder mit Bleiessig ausgefällt; aber um zu controliren, wie sich dadurch der Zuckergehalt verändert habe, gibt es doch wieder kein anderes Mittel, als den unpräparirten und nur, falls er trüb war, filtrirten Urin zu untersuchen. In neuerer Zeit wird häufig das Polaristrobometer von H. Wild benützt, ein modificirtes Savart'sches Polariskop, das eine noch grössere Genauigkeit der Einstellung zulässt, als der Apparat von Soleil, und das vorzüglich gut im homogenen Lichte, namentlich mit der Natronflamme, zu gebrauchen ist. Leider aber werden seine Vorzüge aus dem obenerwähnten Grunde für unseren Zweck auch illusorisch. Beim Polaristrobometer wird auf das Verschwinden eines Systems von Interferenzstreifen eingestellt, das durch doppelbrechende Platten hervorgebracht ist. Die Rechnung ist ganz so, wie bei dem Mitscherlich'schen Instrumente, und in der Formel $[\alpha] = \frac{a}{dl}$ bedeutet wiederum a den abgelesenen Drehungswinkel und l die Länge der Flüssigkeitssäule in Decimetern ausgedrückt.

Ich muss schliesslich noch bemerken, dass die optische Methode überhaupt nur brauchbar ist für die quantitative Bestimmung von grösseren Mengen von Zucker. Für die quantitative Bestimmung von kleinen Mengen von Zucker, wie sie auch im normalen Urin vorkommen, ist sie viel zu stumpf; dergleichen kleine Mengen sind mit dem Polarisationsapparate im Harne direct nicht wahrnehmbar.

Wir kommen nun zu der chemischen Bestimmung des Zuckers nach dem Principe der Trommer'schen Probe, das heisst durch Reduction von Kupferoxydsalzen zu Kupferoxydul. Das gewöhnliche Verfahren ist das Fehling'sche. Es besteht in Folgendem: Man mischt eine Probeflüssigkeit aus schwefelsaurem Kupferoxyd, Wasser, Natronlauge und weinsteinsaurem Kalinatron. Das letztere wird, wie ich schon früher erwähnt habe, zugesetzt, um das sich sonst ausscheidende Kupferoxydhydrat in Lösung zu erhalten. Von dieser vorher titrirten Probeflüssigkeit bringt man eine gemessene Portion in einen kleinen Kolben, erhitzt diesen über der Spirituslampe und lässt nun von dem zu untersuchenden Harne aus einer Burette in kleinen Quantitäten hineintröpfeln, bis sich die Flüssigkeit vollständig entfärbt hat, liest dann die Burette ab und sieht, wie viel man von dem Harne verbraucht hat, um alles Kupfer in der gemessenen, titrirten Flüssigkeit zu reduciren. Es ist aber sehr schwer, gerade den Punkt zu treffen, bei welchem alles Kupferoxyd reducirt und doch noch kein überschüssiger Harn hinzugesetzt ist. Ich habe deshalb schon im Jahre 1860 in der Allgemeinen Wiener medicinischen Zeitung ein anderes Verfahren veröffentlicht, bei welchem die Probeflüssigkeit in einer blossen Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd besteht, also auch niemals der Verderbniss ausgesetzt sein kann, sich Jahre lang unverändert erhält.

Man bereite eine Lösung von Kupfervitriol in destillirtem Wasser, die 5,784 Gramme Kupferoxyd im Liter enthält.

Man versetze dann von dem zu untersuchenden Harn 250 Kcm. mit 10 Kcm. verdünnter Salzsäure und lasse zur Abscheidung der Harnsäure 36 Stunden stehen; dann filtrire man.

Man messe in die Reagirgläser . .	I	II	III	IV	V	VI	
aus einer Quetschhahnburette an Kupferlösg.	3	4	4	8	8	8	Kcm
dann von dem filtrirten Harn	3	2	1	1	0,5	0,25	„

füge zu Allem einen reichlichen Ueberschuss von Aetzkalilösung, erwärm und verkorke.

Es sind nur zwei Fälle zu unterscheiden, in denen man sich i verschiedener Weise zu verhalten hat.

Wir setzen zunächst den Fall, dass durch das Erwärmen keine der Gläser seine blaue oder grüne Farbe vollständig gegen Gelb ode Braun vertauscht habe, dann sind weniger als 2,951 Gramme Zucke im Liter Harnfiltrat enthalten. Um die Menge zu bestimmen, misst mar

in die Reagirgläser . .	I	II	III	IV	V	VI	
von dem Filtrat . . .	5	5	5	5	5	5	Kcm.
von der Kupferlösung .	4	3	2	1	0,5	0,25	„

und verfährt wie vorhin, d. h. man versetzt mit Aetzkali, erwärmt und verkorkt. Das erste Glas in aufsteigender Reihe, das sich vollständig entfärbt hat, gibt die Ziffern für die Rechnung. Es sei z. B. dieses Glas IV, dann weiss man, dass in 5 Liter Harnfiltrat so viel Zucker enthalten ist, dass 5,784 Gramme Kupferoxyd durch denselben zu Oxydul reducirt werden.

Strebt man eine grössere Genauigkeit an, so mischt man zwischen seinem Verhältnisse und dem des nächst vorhergehenden, also nach unserem Beispiele zwischen $\frac{5}{1}$ und $\frac{5}{2}$ eine Reihe von sechs neuen Verhältnissen, und verfährt wie vorher. Stets gibt das entfärbte Glas, welches dem nicht vollständig entfärbten zunächst steht, die Ziffern für die Rechnung.

Anders muss man verfahren, wenn sich gleich bei der ersten vorerwähnten Zusammenstellung, bei der Vorprobe, eines oder mehrere der zusammengestellten Gläser beim Erwärmen entfärbt haben. Dann wählt man in aufsteigender Reihe das letzte, bei dem dies der Fall war, dividirt dessen obere Ziffer, d. h. die, welche die Menge der Kupferlösung angibt, durch die untere, d. h. durch die, welche die Menge des Harnfiltrats angibt, und zieht 1 vom Quotienten ab. Der Rest ist die Zah der Wasservolumina, mit denen man ein Volum des Filtrats zu verdünne hat. Ist die Verdünnung geschehen, so misst man

in die Gläser . . .	I	II	III	IV	V	VI	
an Kupferlösung . .	3	5	4	3	5	4	Kcm.
an verdünntem Filtrat	3	4	3	2	3	2	„

Man fügt einen reichlichen Ueberschuss von Kali hinzu und, wenn dadurc ein bleibender Niederschlag entsteht, so viel Seignette-Salzlösung, das sich derselbe wieder auflöst. Man erwärmt, verfährt dann wie frühe und sucht durch Mischen von neuen intermediären Verhältnissen sein Fehlergrenze so lange einzuengen, als man die Farbe noch unterscheide kann, so lange, als man noch zwei neben einander stehende Gläse findet, von denen das eine einen Stich in's Bläuliche oder Grünliche zeig und das andere nicht. Das Unterscheiden der Farbe wird sehr dadurc erleichtert, dass man ein gut beleuchtetes weisses Papier hinter di Gläser hält und sieht, mit welcher Farbe sich die Flüssigkeit gegen das selbe absetzt.

Die Rechnung geschicht für den Fall I nach der Formel

$$x = \frac{3n}{m} - 0.049$$

ir den Fall II nach der Formel

$$x = \left(\frac{3n}{m} - 0{,}049\right)\left(w + 1\right)$$

In diesen Formeln ist x die Menge krystallisirten Zuckers in 1 Liter arn in Grammen ausgedrückt, n die Menge von Kupferlösung und m die enge von Filtrat in dem für die Rechnung benützten Glase, w ist die enge der Wasservolume, die man zu 1 Volum Filtrat gefügt hat. Die ormeln leiten sich in folgender Weise her.

Ein Atom Zucker reducirt 5 Atome Kupferoxyd. Das Atomgewicht s Zuckers ist 198, das des Kupferoxyds 79,4. Die relativen Flüssigkeitsengen vor und nach dem Zusatze von Salzsäure zum Harne sind 25 id 26, man hat also

$$x = \frac{n}{m} \times \frac{26\ (p.\ 198)}{25\ (5.\ 79{,}4)}$$

rin bedeutet p die Menge des Kupferoxyds in Grammen, welche im ter Probeflüssigkeit enthalten ist. Man wählt sie der Bequemlichkeit lber so, dass der ganze Bruch näherungsweise einer ganzen Zahl gleich rd. In unserem Fall, wo $p = 5{,}784$, ist diese ganze Zahl: Drei. Man iält also $x = \frac{3n}{m}$. Nun ist aber durch die Salzsäure nicht alle Harnre abgeschieden, sondern etwa ein Decigramm im Liter gelöst geeben. Ein Atom Harnsäure reducirt 2 Atom CuO. Man muss also dem Resultate eine Zuckermenge abziehen, die ebensoviel Kupferoxyd ucirt hätte, wie ein Decigramm Harnsäure. Das Atomgewicht der rnsäure ist 168; da nun 2 Atome Zucker so viel Kupferoxyd reduciren 5 Atome Harnsäure, so hat man für die zu subtrahirende Zuckerge in Grammen:

$$\frac{1}{10}\left(\frac{2 \times 198}{5 \times 168} \times \frac{26}{25}\right) = 0{,}049$$

$$\text{also } x = \frac{3n}{m} - 0{,}049.$$

Die Multiplication mit dem Verdünnungsfactor $w + 1$ für den l II bedarf wohl keiner weiteren Erklärung.

Bei allen Methoden, welche auf der Reduction von Kupferoxyd uhen, muss nothwendig die Harnsäure weggeschafft oder für sie eine rrection angebracht werden. In solchen Fällen von Diabetes, wo überupt keine Harnsäure nachweisbar ist, ist die Menge derselben jedenls so gering, dass man sie vernachlässigen kann. Es ist dies aber ineswegs immer so. Man hat vorgeschlagen, den Harn erst mit Bleiessig szufällen. Das ist aber gänzlich zu verwerfen, weil mit dem Bleiessigederschlage immer eine bedeutende Menge von Zucker mitgerissen wird, ne um so bedeutendere, je mehr Zucker im Harne ist. In dem Vorehenden ist gelehrt worden, die Harnsäure mittelst verdünnter Salzure abzuscheiden und für den Rest, der gelöst bleibt, eine Correction nzubringen: man kann aber auch zwei gleiche, gemessene Quantitäten

Harn nehmen, in der einen die Reduction bestimmen, in der andern d Menge der Harnsäure, und nun die Menge von Kupferoxyd, welche vo der Harnsäure reducirt worden war, abrechnen. Man wird sich zu diese Verfahren vielleicht mehr und mehr geneigt finden, wenn sich ande Methoden der Harnsäurebestimmung Bahn brechen, welchen man ein grössere Genauigkeit zuschreibt als der bisher geübten Abscheidung mittel Salzsäure.

Auch für das Kreatinin muss eine Correction angebracht werde und es bleibt dafür vor der Hand kaum ein anderer Weg übrig, a dasselbe aus einer dritten Harnportion als Kreatininchlorzink zu be stimmen.

Endlich muss bemerkt werden, dass, seit O. Nasse die Malto als Verdauungsproduct der Stärke nachgewiesen hat, ein Zweifel übe den Werth der Reductionsanalysen aufkommt, den man früher nicht z hegen brauchte. Wenn auch Maltose in den Harn übergeht, so würd man, da sie auch reducirt, aber schwächer reducirt als der Trauben zucker, Werthe bekommen, die für das Gewicht des Traubenzucker allein zu gross, für das Gesammtgewicht von Traubenzucker und Maltos aber zu klein sind.

Stimmt indessen das mittelst der beschriebenen Methode gefunden Resultat mit dem auf optischem Wege erhaltenen überein, so ist es al vollkommen sicher zu betrachten, da es nicht zwei Zucker gibt, be denen die Drehungsvermögen und die Reductionsäquivalente durch ein ander dividirt die gleichen Quotienten geben.

Knapp hat eine Methode angegeben, welche darauf beruht, das Cyanquecksilber in alkalischen Lösungen beim Erwärmen zersetzt wir Er bereitet sich eine titrirte Probeflüssigkeit und versetzt diese mit de zu untersuchenden Harne in kleinen Portionen. Von Zeit zu Zeit nimm er mit einem Glasstabe einen Tropfen heraus, streicht ihn auf ei schwedisches Filtrirpapier und bringt dieses über ein Glas mit Schwefe ammonium. So lange noch ein dunkler Streifen entsteht, so lange is noch unzersetztes Cyanquecksilber in der Flüssigkeit; wenn endlich kei dunkler Streifen mehr entsteht, ist alles Cyanquecksilber vollständi zersetzt; er liest nun seine Quetschhahnburette ab und berechnet, wi viel Zucker in dem zu untersuchenden Harn gewesen ist. Zur Bestimmun des Zuckers im Harn hat dies Verfahren keinen Vorzug, da Harnsäu und Kreatinin das Cyanquecksilber unter denselben Umständen zersetz wie Zucker.

Die Milchsäure im Harne.

Neben dem Zucker kommt im Harne Milchsäure vor, und ein The der sauren Reaction des Harnes kann als Folge der darin enthalten Milchsäure angesehen werden. Die Milchsäure kann direct aus der Säft masse herstammen, sie kann aber auch aus dem Zucker herstamme dadurch, dass sich derselbe, als er schon Bestandtheil des Harnes wa in Milchsäure umsetzte.

Sulfocyansäure.

Nach J. Munk und Gescheidlen ist auch Sulfocyansäure, beziehungsweise sulfocyansaures Kali oder sulfocyansaures Natron in geringer Menge im Harn enthalten.

Quantität der ausgeschiedenen Harnbestandtheile.

Die Quantität der Harnbestandtheile ist je nach dem Regime, welches das Individuum führt, verschieden. Denn der Harn besteht erstens aus Wasser, zweitens aus Salzen, welche theils mit der Nahrung eingeführt werden, theils sich im Körper bilden, endlich drittens aus den Zersetzungsproducten der stickstoffhaltigen Substanzen; somit ist es klar, dass die Mengenverhältnisse im hohen Grade wechseln müssen mit der Menge und der Qualität der Nahrung, welche das Individuum zu sich nimmt. Lehmann fand, dass er bei stickstofffreier Nahrung 15,4 Gramm Harnstoff binnen 24 Stunden ausschied, bei vegetabilischer Kost 22,5, bei gewöhnlicher gemischter Kost 32,5, und bei rein animalischer Kost 53,2. Voit fand, dass bei gewöhnlicher gemischter Kost 37 Gramme Harnstoff binnen 24 Stunden ausgeschieden wurden. Wenn man nun berücksichtigt, dass Lehmann den Harnstoff noch bestimmte als salpetersauren Harnstoff, also zu kleine Zahlen bekam, und dass Voit ihn bestimmte nach der Liebig'schen Methode, also etwas zu grosse Zahlen bekam, so stimmen diese beiden Angaben so sehr, als man es bei der Verschiedenheit der Individuen nur irgend erwarten kann, mit einander überein. Weiter hat aber Voit durch seine Versuche an Hunden gezeigt, dass durch dauernde Verabreichung von stickstofffreier Kost die Harnstoffmenge zu einer gewissen unteren Grenze herabgedrückt werden kann, unter welche sie dann nicht fällt, auch wenn das Thier der Inanition entgegengeht, und dass andererseits, wenn man die Menge der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, die Menge des Fleisches, welches verfüttert wird, vermehrt, in Folge davon sofort eine Vermehrung des Harnstoffs eintritt. Selbst wenn das Thier noch so sehr heruntergekommen ist, verwendet es niemals das ganze Plus von stickstoffhaltigen Substanzen, welche es bekommt, zum Aufbau seines Organismus, sondern es wird immer ein Theil derselben zerstört und erscheint in Gestalt von Harnstoff wieder. Wenn ein Thier einmal ausgefüttert worden ist, so erscheint von dem Plus an stickstoffhaltiger Nahrung, welche es bekommt, der ganze Stickstoff im Harne wieder, während, wie wir gesehen haben, nicht der ganze Kohlenstoff in der exspirirten Luft erscheint, woraus also hervorgeht, dass nun das Thier zwar kein Muskelfleisch mehr ansetzt, dass es aber in Folge der reichlichen Fütterung noch Fett ansetzt. Es bleibt ja ein stickstoffloser, kohlenstoffreicher Körper im Organismus zurück, der wohl kaum etwas Anderes als Fett sein kann.

Die Menge der Harnsäure ist im Verhältniss zu der des Harnstoffs sehr gering. Es wird nach Lehmann nur etwa $\frac{1}{2}$ Gramm binnen 24 Stunden ausgeschieden. Die Zahl von Lehmann ist aber verhältnissmässig niedrig. Es sind von Andern grössere Zahlen gefunden, und in

pathologischen Fällen oder nach grossen körperlichen Anstrengungen kann, wie wir gesehen haben, manchmal die Menge der Harnsäure sehr bedeutend gesteigert werden.

In ähnlicher, aber auch in sehr wechselnder Menge kommt die Hippursäure im Harne vor, im Ganzen in etwas geringerer Menge. Auch die Menge des Kreatinins im Harne beträgt gegen $\frac{1}{2}$ Gramm in 24 Stunden, manchmal etwas darüber oder etwas darunter. Die übrigen organischen Substanzen sind nicht quantitativ bestimmt. Schwefelsaure Salze wurden nach Lehmann bei gemischter Kost 7, bei Fleischkost 10 Gramm in 24 Stunden ausgeschieden, Erdphosphate bei gemischter Kost 1 Gramm, bei Fleischkost $3\frac{1}{2}$ Gramm. Die Summe der festen Stoffe gibt Lehmann auf 34—87 Gramm an, letzteres nur bei animalischer Kost, bei gemischter Kost 34—68 Gramm. Moleschott gibt als Mittelwerthe aus den Resultaten verschiedener Beobachter für die Gesammtmenge der Salze 20,84, für das Kochsalz allein 11,88 Gramm, für die Phosphorsäure 3,37 und für die Schwefelsäure 1,78. Voit berechnet des ganzen Harns Salze binnen 24 Stunden im Mittel auf etwa $20\frac{1}{2}$ Gramm, worunter 13 Gramm Kochsalz, was mit den eben erwähnten Zahlen von Moleschott so nahe übereinstimmt, wie man es bei der grossen Breite der Schwankungen nur erwarten kann. Ranke konnte dadurch, dass er täglich 1832 Gramm fettfreies Fleisch verzehrte, die Menge der Schwefelsäure auf 6,8 Gramm, die der Phosphorsäure auf 8,0 Gramm steigern. Bei gewöhnlicher Lebensweise beziffert er nach eigenen und fremden Beobachtungen die Schwefelsäure auf 2,5 bis 3,3 Gramm, die Phosphorsäure auf 3,6 bis 5,1 Gramm. Es hängt wesentlich von der Grösse des Consums, namentlich des Fleischconsums ab, ob man sich an die grossen Zahlen von Ranke oder an die kleineren von Moleschott zu halten hat. Ammoniak ist in allem Harn enthalten, auch im ganz frischen und, wie es scheint, in grösserer Menge, als man sonst anzunehmen geneigt war. Nach Latschenberger kann der achtzehnte Theil des Gesammtstickstoffs des Harns in Gestalt von Ammoniak darin enthalten sein.

Aussergewöhnliche Harnbestandtheile.

Cystin.

Ausser diesen normalen Bestandtheilen kommen im Harn noch eine Menge anormaler oder zufälliger Bestandtheile vor, welche man in drei Abtheilungen bringen kann: Erstens Bestandtheile des intermediären Stoffwechsels, Zersetzungsproducte der Eiweisskörper, welche normaler Weise noch keine Harnbestandtheile sind, welche wegen eines pathologischen Processes anormaler Weise in den Harn übergehen; zweitens solche Substanzen, welche im Harne erscheinen, weil bestimmte organische Verbindungen eingeführt worden sind, welche sich zu diesen Substanzen innerhalb des Körpers metamorphosiren, und endlich drittens wesentliche Bestandtheile des Blutes, welche die Harnwege passiren oder anderweitige fremdartige Substanzen, welche dem Harn im Verlauf seines Weges durch die Harnorgane beigemengt werden.

Unter den Substanzen der ersten Kategorie ist eine der wichtigsten das Cystin. Külz und E. Baumann geben ihm die Formel $C_6 H_{12} N_2 S_2 O_4$, es ist schwer löslich in Wasser und in verdünnten Säuren, aber leicht löslich in Alkalien und alkalischen Flüssigkeiten. Man erhält es theils aus gewissen Harnsedimenten, theils aus Harnsteinen, welche sich in seltenen Fällen daraus bilden. Um auf Cystin zu untersuchen, löst man das betreffende Sediment, eventuell ein Stück des betreffenden Harnsteines, in Ammoniak, filtrirt und fällt mit Essigsäure: dann scheidet sich das Cystin in schönen sechsseitigen Tafeln mit gleichen Winkeln aus. Wenn man die reine ammoniakalische Lösung verdunsten lässt, so schiesst das Cystin in sechsseitigen Säulen an. Die Harnsteine aus Cystin sind ausserdem daran kenntlich, dass sie vor dem Löthrohre mit blauer Flamme brennen und dabei einen Geruch nach schwefliger Säure verbreiten. Man kannte das Cystin früher nur als Bestandtheil von Harnsteinen; in neuerer Zeit ist es aber auch als Sediment im Urin gefunden worden. Merkwürdiger Weise betrafen die beiden ersten Fälle, in welchen es gefunden wurde, zwei Schwestern, bei denen es auch im Harne gelöst vorkam. Damit Cystin im Harne gelöst sein könne, ist es nöthig, dass der Harn alkalisch sei, weil es im sauren Harne nicht löslich ist. Man findet aber keineswegs in jedem alkalischen Harne Cystin, denn der meiste Harn, welcher alkalisch gelassen wird, ist nicht alkalisch abgesondert worden, sondern ist in den Harnwegen alkalisch geworden, indem sich der Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak umgesetzt hat. Da aber, wo von vorneherein von einer oder von beiden Nieren alkalischer Harn abgesondert worden ist, kann Cystin in Lösung übergehen, und wenn diese sich wiederum mit saurem Harne mischt, so kann innerhalb der Blase ein Sediment, beziehungsweise ein Concrement aus Cystin entstehen.

Alloxan, Leucin, Tyrosin, Gallenbestandtheile im Harne.

Auch Alloxan, das wir als Zersetzungsproduct der Harnsäure durch Salpetersäure kennen gelernt haben, ist im Harne eines Fieberkranken gefunden worden. Ferner gehen in den Harn auch bei gewissen pathologischen Processen Leucin und Tyrosin über und endlich auch Gallenbestandtheile.

Das Bilifuscin wird im Harne an der dunklen Farbe desselben und daran, dass er auf einem Leinenlappen eingetrocknet einen braunen Flecken gibt, erkannt. Das Biliverdin erkennt man schon an dem grünen Schiller, welchen der Harn zeigt, wenn man ihn im Glase herumschwenkt. Ausserdem aber erkennt man sowohl das Biliverdin als das Cholepyrrhin (Bilirubin) im Harne durch die modificirte Gmelin'sche Probe. Wir haben schon früher bei der Galle die verschiedenen Arten kennen gelernt, nach denen wir sie anstellen können. Wird sie am Harn direct angestellt, so zeigt sich dabei auch das Bilifuscin, indem über der Schwefelsäure eine dunkelbraune bis schwärzliche Schicht entsteht.

Schwieriger ist die Auffindung der Gallensäuren. Sie werden nach Methoden, welche von Hoppe-Seyler angegeben worden sind, aufgefunden. Früher wurde der Harn mit Kalkmilch gefällt und dann

filtrirt, das Filtrat wurde mit Salzsäure eingeengt, dann nahezu zu Trockne verdampft; dann wurde die übrige Flüssigkeit, die noch darau war, abfiltrirt und die sogenannte Choloidinsäure, welche sich jetzt unte der Einwirkung der Salzsäure gebildet hatte, auf dem Filtrum gesammelt mit Alkohol ausgezogen und mit dem Extract die Pettenkofer'sche Probe angestellt. In neuerer Zeit sucht man die Bleisalze der im Harne enthaltenen Gallensäuren darzustellen, indem man sich zuerst einen möglichst salzfreien Alkoholauszug des Harnes verschafft, dadurch, dass man den Harn verdampft, mit Alkohol auszieht, den Auszug eindampft, den Rückstand wieder mit Alkohol auszieht und dann wieder verdampft Hierauf löst man den Rückstand wieder in Alkohol auf und fällt mit Bleiessig. Aus dem Niederschlage zieht man mit kochendem Alkohol das gallensaure Bleioxyd aus, zersetzt mit kohlensaurem Natron, wobei man auf der einen Seite kohlensaures Bleioxyd, auf der andern gallensaures Natron erhält. Das letztere zieht man mit Alkohol aus, verdampft und benutzt dieses gallensaure Natron zur Anstellung der Pettenkofer'schen Gallenprobe. Die Farbe muss eine weinrothe werden: wenn sie nur braun oder bräunlichroth wird, so zeigt dies nicht an, dass Gallensäuren vorhanden sind, indem auch andere Substanzen mitgenommen worden sein können, welche bei dieser Reaction eine röthliche Farbe geben.

Mit den Gallensäuren verhält es sich übrigens ähnlich, wie mit dem Zucker: kleine Mengen kommen auch im Urin Gesunder vor. Höne und Dragendorff konnten solche nachweisen, als sie 100 Liter Harn in Arbeit nahmen. Dragendorff erhielt daraus 0,54 Grm. Glycocholsäure.

Alkapton. (Brenzkatechin.)

Weiter kommt noch im Harne Alkapton vor, das zuerst von Boedecker im Urin eines Kranken gefunden worden ist. Es zeichnet sich dadurch aus, dass der Harn, wenn er alkalisch gemacht wird, sich an der atmosphärischen Luft braun bis schwarz färbt. Die sogenannten schwarzen Urine, welche beobachtet worden sind, rühren von dem darin enthaltenen Alkapton her. Das Alkapton reducirt Kupferoxyd zu Kupferoxydul, so dass man sich deshalb bei Zuckerproben vor solchem alkaptonhaltigen Harne zu hüten hat. Der Alkaptongehalt wird übrigens bald bemerkt, indem der Harn, alkalisch gemacht, sich an der Luft schwarz oder doch auffallend braun färbt. In neuerer Zeit ist es durch die Untersuchungen von W. Ebstein und Jul. Müller in hohem Grade wahrscheinlich geworden, dass der sich durch Sauerstoffabsorption dunkel färbende Körper Brenzkatechin ($C_6 H_6 O_2$) war, das bei den älteren Untersuchungen noch nicht als solches erkannt werden konnte. Einmal isolirt oder, wo es in grösserer Menge vorhanden ist, direct im Harn ist dasselbe nicht nur erkennbar an der schwärzlich olivengrünen Färbung, welche seine alkalisch gemachten Lösungen beim Herumschwingen oder Schütteln an der Luft annehmen, sondern auch an der schön rothen Färbung, die man selbst von sehr verdünnten Lösungen erhält, wenn man erst kohlensaures Natron und dann Eisenchlorid hinzufügt. Fügt man erst etwas Eisenchlorid hinzu und dann sehr vorsichtig kohlensaures Natron, so wird die Flüssigkeit erst blau und dann bei weiterem

Zusatze roth. Nach Resorption von, beziehungsweise nach Vergiftung mit Carbolsäure (Phenol) wird ein Harn entleert, der sich dem sogenannten Alkapton-Harne ähnlich verhält, aber hier ist es nach E. Baumann und C. Preusse Hydrochinon (auch $C_6 H_6 O_2$), durch dessen Oxydation und Zersetzung sich der Harn dunkel färbt. Aus dem Phenol entsteht im Körper Hydrochinon-Schwefelsäure, aus dieser, wenn der Harn alkalisch wird, Hydrochinon, das sich dann unter Absorption von Sauerstoff aus der Luft weiter zersetzt, wobei ein dunkelgefärbtes, nicht näher bekanntes Product gebildet wird. Auch Protocatechusäure ($C_6 H_3 [OH]_2 . CO . OH$) ist als Bestandtheil eines an der Luft dunkel werdenden Harns gefunden worden.

Acetessigsäure (Diacetylsäure, Acetylessigsäure $C_4 H_6 O_3$) und Aceton.

Acetessigsäure ist im Harn von Diabetikern gefunden worden. Man hat sie aus dem mit Schwefelsäure angesäuerten Harn mittelst Aether ausgeschüttelt. Um darauf zu prüfen, versetzt man mit einer verdünnten Eisenchloridlösung. Es entsteht, wenn die Säure zugegen ist, eine braunrothe Färbung, die durch Salzsäure wieder zum Verschwinden gebracht werden kann. Nun kocht man eine andere Probe des Urins eine halbe Stunde lang. Dann muss sich ein Acetongeruch entwickeln, und nun muss auf Zusatz von Eisenchlorid keine braunrothe Färbung mehr eintreten. Auch Aceton als solches ist im diabetischen Harn gefunden worden. Man wurde durch den Geruch auf dasselbe aufmerksam. Jaksch erhielt Aceton auch in beträchtlicher Menge aus Fieberharnen, aber nicht bei Intermittens und auch nicht bei remittirenden oder atypischen Fiebern. Er hat auch ein Verfahren erfunden, das Aceton des Harns quantitativ zu bestimmen. Dasselbe beruht auf der Messung der Trübung, welche der Harn durch Zusatz von Jodkalium-Jodlösung und Kalilauge erfährt. Es bildet sich dabei Jodoform, welches die Trübung bewirkt. Auch normaler Harn enthält Aceton, aber in sehr geringer Menge. Es wird davon höchstens 0,01 Gramm in 24 Stunden ausgeleert, meistens weniger. Um Aceton nachzuweisen benützt F. Penzoldt Orthonitrobenzaldehyd, welches damit unter Zusatz von Natronlauge Indigo bildet.

Inosit.

Auch Inosit ist in einzelnen Fällen im Harn gefunden worden. Angeblich geht er auch bei gesunden Individuen in kleinen Mengen in den Harn über, wenn dieselben sehr grosse Mengen Wasser trinken und in Folge davon viel Harn lassen. Nach Külz gehen bei Kaninchen bedeutende Mengen Inosit in den Harn über, wenn man sie dadurch diabetisch macht, dass man ihnen einpercentige Kochsalzlösung, etwa 5 bis 6 Cubikcentimeter in der Minute, in die Vena jugularis einleitet. Man wäscht hierbei, so zu sagen, das Thier aus und führt lösliche Substanzen in den Harn über, die sonst noch in loco verbraucht worden wären.

Umwandlungsproducte bestimmter chemischer Verbindungen, die in den Magen und Darmkanal gebracht wurden.

Die zweite Reihe der Bestandtheile sind solche, welche nach Einführung besonderer chemischer Verbindungen in den Harn übergehen. Diese können verschiedener Art sein. Wir haben schon gesehen, dass eine Reihe von Substanzen, wenn sie eingeführt werden, Hippursäure in grösserer Menge geben, dass andere zwar nicht diese Hippursäure, aber andere Hippursäuren, analog zusammengesetzte mit dem Glycocoll gepaarte Säuren geben. Wir können hier die Substanzen, welche auf diese Weise künstlich in den Harn gelangen, nicht alle aufzählen, aber auf einen Punkt muss ich aufmerksam machen, nämlich darauf, dass die äpfelsauren, die essigsauren, die weinsauren Salze, im Körper sämmtlich in kohlensaure Salze übergeführt werden und deshalb als kohlensaure Salze in den Urin übergehen. Darauf beruht es, dass man den Urin vorübergehend alkalisch machen kann dadurch, dass man essigsaures Natron u. s. w. einnimmt. Ja manche Individuen, welche für gewöhnlich keinen stark sauren Urin haben, brauchen nur eine grössere Menge von gedörrten Pflaumen zu essen, um sogleich einen alkalischen Urin zu haben. Wenn man die Säuren, und zwar nicht nur Pflanzensäuren, sondern auch Mineralsäuren, als solche nimmt, so verwandelt sich ein Theil in Salze, indem sie dem Körper bis zu einem gewissen Grade Basen entziehen, wie dies Salkowski in neuerer Zeit durch Versuche mit Schwefelsäure gezeigt hat. Andererseits aber wird, wenn eine gewisse Menge von Säure in den Organismus hineingebracht wird, auch die Menge der freien Säure im Harne vermehrt. So ist es Billroth gelungen, durch Eingeben von Phosphorsäure den Harn stark sauer zu machen. Es ist bekanntlich beim Steinschnitt nothwendig, den Harn nicht alkalisch werden zu lassen; deshalb bediente er sich der Phosphorsäure, um vorübergehend eine grössere Menge von Säure in den Harn gelangen zu lassen.

Eiter, Schleim, Blut und Blutplasma (Fibrin, Eiweiss) im Harn.

In den Harn können ausserdem übergehen Schleim, Eiter und Epithelzellen aus den verschiedenen Theilen der Harnwege, und endlich das Blut als Ganzes oder das Blutplasma, welches anormaler Weise die Wandungen der Harnkanälchen durchdringt, während die Blutkörperchen noch zurückgehalten werden. Dieses Blutplasma gerinnt manchmal ausserhalb des Körpers, wenn der Urin gelassen ist. Es ist manchmal in solcher Menge darin enthalten, dass der Harn gallertartig zitternd wird, oder dass man doch ein zusammenhängendes gallertartiges, später beim Umschütteln spinngewebig werdendes Gerinnsel aus demselben herausheben kann. Die Substanz, welche sich hier ausscheidet, müssen wir als Fibrin bezeichnen, denn sie ist identisch mit dem Fibrin, welches sich aus dem gerinnenden Blute ausscheidet. Solcher Harn enthält natürlich auch immer grosse Mengen von Eiweiss, aber nicht umgekehrt, nicht jeder Harn, welcher Eiweiss enthält, enthält auch eine freiwillig gerinnende Substanz, scheidet auch Fibrin aus, wenigstens nicht ausserhalb des Körpers.

Die Untersuchung des Harnes auf Eiweiss ist für den Arzt so wichtig, dass ich hier einige Worte darüber sagen muss. Zunächst untersucht man den Harn auf natives Eiweiss. Wenn derselbe seine normale saure Reaction hat, so nimmt man die an sich klare oder durch Filtriren geklärte Flüssigkeit, giesst sie in ein Reagirglas und erhitzt sie zum Sieden. So wie man sich der Temperatur von 70° nähert, scheidet sich das Eiweiss als Trübung oder in Flocken aus. Es kann hier geschehen, dass sich beim Erhitzen Flocken ausscheiden, welche nicht aus Eiweiss, sondern aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Der Harn enthält immer Kohlensäure aufgelöst. Diese geht beim Kochen fort, und wenn der Harn an und für sich schwach sauer war, bleiben jetzt nicht mehr alle Erdphosphate gelöst, sondern ein Theil derselben fällt als normaler phosphorsaurer Kalk heraus. Auch tritt nach B. J. Stokvis durch die Erwärmung als solche eine veränderte Gruppirung der Elemente, eine Art Dissociationsprocess ein, welche Ausscheidung von normalem Kalkphosphat bedingt. Hieraus erklärt er es, dass der Niederschlag sich beim Erkalten theilweise, bisweilen gänzlich wieder auflöst. Diese Ausscheidungen unterscheidet man aber leicht vom Eiweiss, indem man einige Tropfen Essigsäure hinzusetzt, worauf phosphorsaurer Kalk sich löst, während geronnenes Eiweiss ungelöst bleibt.

Wenn der Harn Lakmuspapier nicht deutlich röthet, so setzt man ihm vorsichtig so viel Essigsäure zu, dass er dies thut, und erhitzt zum Sieden. Man muss ansäuern, weil sonst die Alkalien des Harns während des Erwärmens auf das Eiweiss einwirken können, dasselbe in fällbares Eiweiss verwandeln, so dass es in der Hitze nicht mehr gerinnt. Es gehört eine gewisse Uebung dazu, gerade so viel Essigsäure zuzusetzen, dass sich alles Eiweiss vollständig ausscheidet, nicht mehr, denn, wenn man zu viel zusetzt, erfolgt die Eiweissausscheidung auch unvollständig, indem kleine Mengen von Eiweiss gelöst bleiben. Es ziehen deshalb Viele vor, den Harn, wenn er nicht sauer reagirt, erst bis zum Sieden vorsichtig zu erhitzen und ihn dann anzusäuern. Man setzt dann Tropfen um Tropfen von der Säure hinzu und beobachtet, ob irgend eine Trübung entsteht. Man wählt auch zum Ansäuern verdünnte Salpetersäure, weil ein Ueberschuss derselben das gefällte fällbare Eiweiss nicht sofort aufquellen macht und in scheinbare Lösung überführt, wie dies bei Anwendung von Essigsäure oder Phosphorsäure der Fall ist.

Wenn bei richtiger Reaction beim Kochen keine Trübung entstand, so ist kein natives Eiweiss im Harne enthalten gewesen. Man versetzt dann, wenn man die Untersuchung vervollständigen will, eine Probe desselben mit Essigsäure so weit, dass sie stark sauer reagirt. Man lässt sie eine Weile stehen, um zu sehen, ob sich etwa Mucin daraus abscheidet, und filtrirt. Die filtrirte Flüssigkeit versetzt man dann mit einem gleichen Volum einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron und erhitzt nun dieses Gemisch zum Sieden. Bisweilen gibt diese Probe noch ein positives Resultat, wenn die andere Probe ein negatives gegeben hat. Man hat aber kein Recht, aus dieser Probe auf natives Eiweiss zu schliessen, weil in sehr salzreichen Lösungen bei saurer Reaction auch andere Eiweisskörper sich in der Siedhitze ausscheiden.

Endlich besteht noch eine Probe, welche manchmal angewendet wird, darin, dass man concentrirte Salpetersäure und den zu untersuchenden

Harn übereinanderschüttet. Bei normalem Harne bleibt die Berührungsfläche zwischen beiden Flüssigkeiten hell und durchsichtig, bei eiweisshältigem Harne bildet sich aber in jener Berührungsfläche durch die Eiweissausscheidung, welche die Salpetersäure veranlasst, eine trübe Schicht. Diese Probe ist sehr empfindlich, aber sie ist deshalb nur bedingt zu empfehlen, weil man hier weniger als bei irgend einer der andern Proben weiss, was eigentlich der ausgeschiedene Körper ist, und womit man es zu thun hat. Der Zeitersparniss wegen pflegt man sie gleich zuerst anzustellen, denn, wenn sie ein negatives Resultat gibt, so ist man jeder weiteren Untersuchung auf Eiweiss überhoben.

Um Blutfarbstoff im Harn nachzuweisen, fügt man Terpentinöl und Guajaktinctur hinzu und schüttelt anhaltend. Die Flüssigkeit bläut sich durch Oxydation des Guajaks. Statt des blossen Terpentinöls bedient man sich auch mit gutem Erfolge einer von Huenefeld zusammengestellten Mischung aus 10 Theilen Terpentinöl, 10 Theilen Alkohol, 10 Theilen Chloroform und einem Theile Eisessig.

Mechanismus der Harnsecretion.

Nachdem wir die Bestandtheile des Harns kennen gelernt haben, gehen wir über zu der Art und Weise, wie er secernirt wird. C. Ludwig hat in seiner Habilitationsschrift eine Theorie von der Secretion des Harns gegeben, welche noch immer von allen die wahrscheinlichste ist. Dieselbe sagt aus, dass durch den Druck, unter dem das Blut in den Aesten der Arteria renalis steht, die krystalloiden Substanzen und Wasser aus den Glomerulis abfiltrirt werden und in die Malpighi'schen Kapseln hineingelangen. Sie sagt aus, dass der so erzeugte Harn ein sehr verdünnter ist, dass er sehr viel Wasser enthält, und wenig von den eigentlichen Harnbestandtheilen, weil dieselben sämmtlich auch im Blute nur in relativ geringer Menge enthalten sind, dass aber dann der Harn sich durch einen Diffusionsprocess concentrirt, während er seinen Weg macht durch die Tubuli contorti, durch die Henle'schen Schleifen, dann wieder zurück durch einen Tubulus contortus in die Tubuli recti hinein und so endlich in das Nierenbecken.

Dass der Harn zunächst in den Malpighi'schen Körperchen abfiltrirt wird, darüber kann wohl kein Zweifel sein. Hier liegen die Schlingen der arteriellen Gefässe, hier ist ein grösserer Druck als in den Capillargefässen. Die Schlingen der arteriellen Gefässe sind von einer überaus dünnen Membran überzogen, es sind also die Bedingungen für eine Filtration von Flüssigkeit gegeben. Dass hiebei nur Wasser mit denjenigen Substanzen abfiltrirt wird, die wir später im Harne finden, ist eine Thatsache, die ebenfalls nicht weiter bewiesen zu werden braucht, denn wir wissen, dass die colloiden Substanzen des Blutes, die Eiweisssubstanzen nur unter pathologischen Verhältnissen mit in die Harnwege übergehen. Es müssen aber die Gründe für die Angabe gesucht werden, dass sich der Harn im Laufe der Harnwege durch einen Diffusionsprocess concentrire, das heisst, dass er Wasser wiederum an das Blut abgebe, beziehungsweise dafür gelöste Substanzen, Harnbestandtheile, dem Blute entziehe. Zunächst lässt es sich nachweisen, dass die physikalischen Bedingungen für einen solchen Diffusionsprocess vorhanden sind.

Wenn man zwei Flüssigkeiten, zwei verschiedene Salzlösungen, durch .e Membran von einander trennt und sie der Diffusion überlässt, so das normale Ende der Diffusion, dass die beiden Flüssigkeiten chemisch ich zusammengesetzt sind. Wenn ich eine Lösung von Zucker und eine sung von Kochsalz sich miteinander diffundiren lasse, so enthalten sie Ende des Diffusionsprocesses beide gleich viel Zucker und gleich viel chsalz. Dieses normale Ende der Diffusion kann nicht erreicht werden, nn nicht alle Substanzen durch die Membran hindurchgehen. Es kann ır das normale Ende der Diffusion, das heisst, die vollständige mische Ausgleichung, auch dann nicht erreicht werden, wenn die den Menstrua, die beiden Lösungsmittel, unmischbar sind. Es fragt h: Was ist das Ende der Diffusion, wenn die chemische Ausgleichung ht erreicht werden kann? Das kann man für den Fall untersuchen, welchem die beiden Lösungsmittel unmischbar sind.

Wenn man Aether und Wasser mit einander schüttelt, so nimmt der ther eine gewisse Quantität Wasser und das Wasser eine gewisse Quanit Aether auf. Wenn das aber einmal geschehen ist, so sind die beiden issigkeiten vollständig unmischbar und stehen übereinander wie Oel d Wasser. Löst man in einer dieser Flüssigkeiten eine Quantität Oxalıre auf und schüttelt beide wieder anhaltend mit einander durch, so ıt von der Oxalsäure eine gewisse Quantität in die andere Flüssigkeit er. Wenn man einige Tage wartet und oftmals durchschüttelt, um a Diffusionsprocess vollständig zu beendigen, und hinterher die Menge r Oxalsäure, welche sich im Wasser befindet, und die Menge von Oxalıre, welche im Aether enthalten ist, untersucht und vergleicht, so findet ın, dass beide Flüssigkeiten gleiche Bruchtheile derjenigen Mengen entlten, welche sie bei derselben Temperatur aufzulösen im Stande sind. enn man statt der Oxalsäure eine andere Substanz nimmt, welche sich beiden Flüssigkeiten auflöst, z. B. Quecksilberchlorid, so bekommt n ganz dasselbe Resultat. Man bekommt dasselbe Resultat, ob man das ecksilberchlorid ursprünglich auflöst in der ätherischen oder ursprüngl auflöst in der wässerigen Flüssigkeit. Wenn also die vollständige mische Ausgleichung nicht erreicht werden kann, so wird doch das ichgewicht der Concentrationszustände erzielt. Beide Flüssigkeiten sind ch concentrirt, denn sie enthalten gleiche Bruchtheile von den Mengen, che sie bei derselben Temperatur aufzulösen im Stande sind. Das ist kommen begreiflich, denn, wenn ein Molekül auf der Grenze zwischen beiden Flüssigkeiten steht, so wird es immer dahin gehen, wo es grössten anziehenden Kräften unterworfen ist, und erst, wenn die iehenden Kräfte, welche in beiden Flüssigkeiten auf die Moleküle des isten Körpers einwirken, gleich geworden sind, erst dann wird der usionsprocess sein Ende erreicht haben.

Was hier gilt für zwei Flüssigkeiten, welche verschieden sind und nicht mischen, das muss auch für zwei wässerige Lösungen gelten, ın die eine einen Bestandtheil enthält, der durch die Scheidewand nicht lurchgeht. Dann muss diese Flüssigkeit, wenn sie ursprünglich die entrirtere war, sich dauernd wie die concentrirtere verhalten und ser anziehen; in der andern muss das Wasser eine stärkere Anziehung die löslichen Substanzen ausüben, und diese muss zur Wirkung men auf diejenigen, welche durch die Membran hindurchgehen, diese

müssen herüber gezogen werden, während Wasser zu der concentrirteren Flüssigkeit hinübergeht. Das ist der Fall, mit dem wir es bei der Harnabsonderung zu thun haben. Die Eiweisskörper gehen nicht durch die Wand der Harnwege hindurch, das Blut verhält sich also stets als die concentrirtere Flüssigkeit dem abgesonderten Harne gegenüber, entzieht ihm Wasser und gibt ihm diejenigen Substanzen, welche leicht durch die Wand der Harnkanälchen hindurchgehen, ab.

Es existirt aber auch eine Reihe von empirischen Thatsachen, welche dafür sprechen, dass wirklich dieser Diffusionsprocess stattfindet. Erstens ist der Harn, der sehr rasch abgesondert wird, sehr verdünnt, und Harn, der langsam abgesondert ist, concentrirt. Die Concentration ist zwar zunächst und im hohen Grade abhängig von der Menge des Getränkes, welche genommen worden ist; aber doch ist der Morgenharn immer verhältnissmässig concentrirt, wenn auch am Abende vorher bedeutende Mengen von Getränk genommen worden sind, weil der Harn in der Nacht langsam abgesondert worden ist und lange in den Harnwegen verweilt hat. Andererseits werden manchmal in sehr kurzer Zeit grosse Mengen von sehr verdünntem Harn gelassen, ohne dass vorher entsprechende Mengen von Getränk genommen worden wären, wie dies namentlich bei hysterischen Frauenzimmern anfallsweise eintritt. Ein solcher Harn ist oft fast so hell wie Wasser, und sein specifisches Gewicht wenig von dem des Wassers verschieden. Da vorher keine entsprechenden Wassermengen genommen sind, so muss man diese geringe Concentration mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ableiten, dass dieser Harn sehr rasch durch die Harnwege hindurchgegangen ist.

Beim Menschen scheint sich der Harn noch in der Blase durch Diffusion zu concentriren; denn in Fällen von Harnverhaltung, wo endlich mit dem Katheter der Urin abgelassen wird, bekommt man immer einen sehr concentrirten, niemals einen verdünnten Urin. Bei Hunden soll das nicht der Fall sein, bei diesen soll Urin, der in die Blase eingespritzt worden ist, an Wasser zunehmen.

Wir finden ferner, dass die Menge der löslichen Substanzen einen Einfluss hat auf die Menge des Wassers, welche mit dem Harne ausgeschieden wird. Unter den Amphibien gibt eine Anzahl ihren Stickstoff in Gestalt von Harnsäure und harnsauren Salzen ab, z. B. die Schlangen. Ihr Harn führt immer nur wenig Wasser mit, weil er lauter schwer lösliche Substanzen enthält. Er wird als eine breiige Masse entleert und erhärtet an der Luft. Auch die Vögel, welche gleichfalls hauptsächlich Harnsäure ausscheiden, haben nur eine geringe Menge von Flüssigkeit in ihrem Harne. Dagegen haben andere Amphibien, Frösche und Schildkröten, welche Harnstoff ausscheiden, einen reichlichen wässerigen Urin, wie die Säugethiere und die Menschen. Wenn Zucker in grosser Menge in den Urin übergeht, so übt er immer eine grosse Anziehung auf das Wasser aus, und die Folge davon ist, dass in der Regel bei zuckerreichem Harne — und, so viel mir bekannt ist, ausnahmslos, wenn die Zuckermengen sehr gross sind — grosse Mengen von Wasser aus dem Körper ausgeschieden werden.

Man hat den Einfluss des Zuckers auf die Menge des Wassers, welche aus dem Körper ausgeschieden wird, in Abrede gestellt, weil Polyurie vorkommt, Ausscheidung grosser Mengen von Harn, ohne dass

Zucker in demselben enthalten ist, und andererseits Harn vorkommt, welcher das normale Maass überschreitende Mengen von Zucker enthält, bei dem aber die Menge der Flüssigkeit nicht entsprechend vermehrt ist. So schlagend diese Gründe auf den ersten Anblick erscheinen, so sind sie es doch nicht mehr, wenn man sie näher betrachtet. Man muss sich vor allem klar machen, dass, abgesehen von dem Wasser, das durch die Zersetzung organischer Verbindungen gebildet wird, auf die Dauer nie mehr Wasser aus dem Körper herauskommen kann, als man hineingebracht hat, dass andererseits aber alles Wasser, was man in den Körper hineinbringt, wieder herauskommen muss, wenn der Körper überhaupt im Beharrungszustande erhalten werden soll. Wenn also Jemand sehr viel trinkt, so muss er sehr viel Urin lassen, gleichviel aus welchen Gründen er trinkt. Polyurie, der sogenannte Diabetes insipidus, ist keine bestimmte Krankheit, sondern es ist eine Erscheinung, welche in sehr verschiedenen Ursachen ihren Grund haben kann, und in den meisten Fällen von sogenanntem Diabetes insipidus ist man gar nicht auf den Grund gekommen. Es hat oft weiter nichts vorgelegen, als dass der Mann sehr viel Wasser getrunken und dabei sehr viel Urin gelassen hat, ohne dass man wusste, ob er viel Wasser trank, weil er viel Urin liess, oder ob er viel Urin liess, weil er viel Wasser trank. Dergleichen Polyurien erscheinen vorübergehend aus blossen gastrischen Störungen, welche dem Menschen viel Durst machen, ihn antreiben, viel Wasser zu trinken, und dadurch bewirken, dass er viel Urin lässt. Manchmal ist man aber der Ursache einer Polyurie, die, obgleich sich im Harn kein Zucker nachweisen liess, doch lange fortdauerte, auf den Grund gekommen. Ein Fall dieser Art ist besonders lehrreich. Ein Mann, in einem Krankenhause aufgenommen, entleerte grosse Mengen eines nicht zuckerhaltigen Harnes und trank dabei auch bedeutende Mengen von Wasser. Der Arzt glaubte, letzteres sei eine üble Angewohnheit, und meinte, er würde weniger Harn entleeren, wenn er weniger Wasser zu trinken bekommen würde. Das war auch in der That der Fall, aber es stellten sich bald urämische Erscheinungen ein, und als man dem Patienten wieder reichlich Wasser gab, war es zu spät; denn er erlag der Urämie. Bei der Section fand man das Nierengewebe auf beiden Seiten fast vollständig verödet, so dass die Nieren in sackartige Gebilde umgewandelt waren. Dieser Mann hatte mit seiner geringen Menge von Nierengewebe seinen Körper sehr schwer von den Harnbestandtheilen reinigen können, er hatte deshalb die grossen Mengen von Wasser durchgeschwemmt, um seinen Harnstoff und die übrigen Harnbestandtheile los zu werden. Von dem Augenblicke an, wo ihm die ersteren entzogen wurden, häuften sich letztere im Körper an, und es trat Urämie ein, an welcher der Kranke zu Grunde ging.

Von den Fällen, welche bisher als Fälle von Diabetes insipidus angesehen worden sind, würde übrigens vielleicht mancher bei genauerer chemischer Untersuchung in anderem Lichte erschienen sein. Man sollte sich nie mit dem blos negativen Resultate der Zuckerprobe begnügen, sondern wenigstens, ehe man von reiner Polyurie spricht, jedesmal das specifische Gewicht des Harns untersuchen, beziehungsweise die Menge von gelösten Substanzen, die binnen 24 Stunden im Harne aus dem Körper austritt; denn nur wenn diese letztere nicht vermehrt ist, hat man ein

müssen herüber gezogen werden, während Wasser ... dafür b
Flüssigkeit hinübergeht. Das ist der Fall, mit d ... .abe. Ebe
absonderung zu thun haben. Die Eiweisskörp ... .thologischer
Wand der Harnwege hindurch, das Blut ve ... .isgeschieden wi
concentrirtere Flüssigkeit dem abgesondert ... .kers noch verhäl
ihm Wasser und gibt ihm diejenigen Sr ... ,en ist immer zug
die Wand der Harnkanälchen hindurch ... en ist dies aber h

Es existirt aber auch eine Reihe ... .leiten, dass die Störun
dafür sprechen, dass wirklich dieser ... des Blutes im Organi
ist der Harn, der sehr rasch abge ... waren, dass sie den Kra
der langsam abgesondert ist, ... oten, grössere Mengen von Get
zunächst und im hohen Grad ... .icht veranlasst war, grössere Me
welche genommen worden i ... ., konnte er auch nicht auf die I
hältnissmässig concentrirt ... ausscheiden. In solchen Fällen ha
Mengen von Getränk ger ... .gen Harnbestandtheile anlangt, seine no
langsam abgesondert ... .n specifisches Gewicht ist etwas erhöht dur
hat. Andererseits w ... welches er enthält. Das specifische Gewicht er
von sehr verdünn ... nicht diejenige Höhe, welche bei hohen Grade
Mengen von Get ... wo andere Harnbestandtheile wegen ihrer V
hysterischen F ... grossen Flüssigkeitsmenge scheinbar fast vollständi
oft fast so ... sind, und fast die ganze Menge der festen Bestandthe
dem des W ... Zucker besteht.
mengen ... der Ludwig'schen Theorie erklären sich auch sonst
hoher ... Fälle im Verlaufe und in der Folge von Albuminurie.
durch ... Anzahl der Fälle von Albuminurie sieht man keine Urän
D ... sondern es zeigen sich nur Erscheinungen der Hydrämie
... davon die Wassersucht, unter welcher dann, wenn keine I
... die Individuen zu Grunde gehen. Ein solcher Proces
... kann Jahre lang dauern, ohne dass sich die Erscheinung
... zeigen. In anderen Fällen dagegen tritt nach kurzer Zeit
Urämie ... Man kann sich diese Erscheinung so erklären, dass man die e
Fälle ansieht als diejenigen, bei welchen das Nierengewebe nur
ergriffen ist, noch eine bedeutende Quantität von gesundem Nieren
vorhanden ist. So lange dieses noch zur Reinigung des Körpe
Harnbestandtheilen genügt, können keine urämischen Erscheinung
treten; wohl aber muss durch den steten Verlust an Eiweiss
Hydrämie und in Folge davon Wassersucht auftreten. Die le
Fälle kann man dagegen auffassen als solche, bei denen di
änderungen gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung der beiden
platzgreifen. Wenn das der Fall ist, so muss der Diffusionsprocess
welchen das Blut von den Harnbestandtheilen gereinigt wird,
werden; denn die eigentliche Ursache dieses Diffusionsprocesses
dass auf der einen Seite Eiweisssubstanzen, und auf der ander
keine Eiweisssubstanzen sind. Wenn dieser Diffusionsprocess
worden ist und einige Zeit gestört bleibt, dann müssen in Folge
urämische Erscheinungen eintreten. Soweit die Erfahrung reicht,
auch diese Auffassung der beiden Arten von Fällen mit den S
befunden.

ie der Diffusion und Filtration bezieht sich indess
cheinungen bei der Harnabsonderung. Wir haben ge-
eil der Reptilien und der Vögel den grössten Theil
'estalt von Harnsäure ausscheidet. Das findet auch
. Wenn man das Epithel einer Schneckenniere
s Protoplasma der Zellen ganz durchsetzt von
eln, bestehend aus Harnsäure und harnsauren
'enselben ausgestossen und bilden dann in
dtheil des Harns. Früher glaubte man,
ide gehen, weil man glaubte, dass sie
üssigen Inhalte bestünden; jetzt aber
n fremde Körper aufnehmen können, ohne
, sie können also auch feste Körper, welche
en sind, ausstossen, ohne dass sie dabei zu Grunde
ndet in der That in der Schneckenniere statt. In ähn-
. man auch den Process in der Schlangen- und in der
en, nur dass die Harnsäurekugeln nicht so gross sind,
Epithelzellen der Schneckenniere findet. Hier werden
nsäure und harnsaure Salze in Substanz, in Körnchen,
usgestossen, dieselben Körnchen, aus welchen der ganze
Schlangen besteht. Dies findet auch beim Menschen
n grösster Ausdehnung während des Embryonallebens
nt, auch noch in den ersten Zeiten nach der Geburt.
er so viel Harnsäure und harnsaure Salze in Substanz
ss ganze Gruppen von Harnkanälchen damit wie mit
isse angefüllt sind. Es ist dies der sogenannte Harn-
Neugebornen.
rnsäure, welche überhaupt in den Epithelzellen der
scheint, als solche ausgestossen wird, oder ob sie noch
en wieder weiter zerfallen kann, so dass sie Harnstoff,
. bildet, weiss man bis jetzt nicht. Ueber den Antheil
an der Harnsecretion hat Heidenhain in neuerer
Versuche angestellt. Er hat indigschwefelsaures Natron
irt und den ausgeschiedenen Farbstoff immer nur in
Harnkanälen und im erweiterten Theile der Henle'schen
efunden, theils im Lumen, theils in den Epithelzellen.
Kapseln waren durchweg frei von Farbstoff. Es ist
wahrscheinlich, dass die Epithelzellen auch bei der
erer Substanzen, sei es, dass sie normal im Blute
, dass sie vorübergehend in dasselbe gebracht worden
liche, aber bis jetzt noch räthselhafte Rolle spielen.
le der Schluss sein, dass alle wesentlichen Bestand-
uf diesem Wege und nur auf diesem Wege abgesondert
Glomeruli nur die Quelle des Wassers, beziehungsweise
der Salze seien. Es ist z. B. im höchsten Grade un-
ss eine so leicht diffundirbare Substanz wie der Harn-
lichem procentischem Verhältniss, wie ihn das Blut
Wasser in die Malpighi'sche Kapsel abfiltrirt werden
in Heidenhain's Versuchen noch in anderen liegt ein
einen. Dass man dergleichen Schlüsse aus Heidenhain's



Recht, von einfacher Polyurie zu sprechen. Ist sie vermehrt, so ha man zu untersuchen, welche Substanz die Vermehrung bedingt.

Von den Fällen von Diabetes insipidus ist keiner dafür beweisend, dass der Zucker keinen Einfluss auf die Harnmenge habe. Ebenso sind aber auch jene Fälle nicht beweisend, bei welchen pathologischer Zucker im Urin war, und doch keine grossen Harnmengen ausgeschieden wurden. Erstens sind es Fälle, bei denen die Menge des Zuckers noch verhältnissmässig nicht gross war. Bei grossen Zuckermengen ist immer zugleich Polyurie vorhanden, bei kleineren Zuckermengen ist dies aber häufig nicht der Fall, und man kann dies nur davon herleiten, dass die Störungen, welche durch den vermehrten Zuckergehalt des Blutes im Organismus hervorgerufen wurden, noch nicht derart waren, dass sie den Kranken in seiner subjectiven Empfindung anregten, grössere Mengen von Getränk zu sich zu nehmen. So lange er nicht veranlasst war, grössere Mengen von Getränk zu sich zu nehmen, konnte er auch nicht auf die Dauer grössere Mengen von Wasser ausscheiden. In solchen Fällen hat der Harn, was die regelmässigen Harnbestandtheile anlangt, seine normale Concentration, aber sein specifisches Gewicht ist etwas erhöht durch das Mehr von Zucker, welches er enthält. Das specifische Gewicht erreicht hier noch immer nicht diejenige Höhe, welche bei hohen Graden von Diabetes vorkommt, wo andere Harnbestandtheile wegen ihrer Vertheilung in einer grossen Flüssigkeitsmenge scheinbar fast vollständig verschwunden sind, und fast die ganze Menge der festen Bestandtheile des Harnes aus Zucker besteht.

Nach der Ludwig'schen Theorie erklären sich auch sonst räthselhafte Zufälle im Verlaufe und in der Folge von Albuminurie. In der grössten Anzahl der Fälle von Albuminurie sieht man keine Urämie auftreten, sondern es zeigen sich nur Erscheinungen der Hydrämie und in Folge davon die Wassersucht, unter welcher dann, wenn keine Heilung erfolgt, die Individuen zu Grunde gehen. Ein solcher Process kann Monate, kann Jahre lang dauern, ohne dass sich die Erscheinungen der Urämie zeigen. In anderen Fällen dagegen tritt nach kurzer Zeit Urämie ein. Man kann sich diese Erscheinung so erklären, dass man die ersteren Fälle ansieht als diejenigen, bei welchen das Nierengewebe nur partiell ergriffen ist, noch eine bedeutende Quantität von gesundem Nierengewebe vorhanden ist. So lange dieses noch zur Reinigung des Körpers von Harnbestandtheilen genügt, können keine urämischen Erscheinungen eintreten; wohl aber muss durch den steten Verlust an Eiweisskörpern Hydrämie und in Folge davon Wassersucht auftreten. Die letzteren Fälle kann man dagegen auffassen als solche, bei denen die Veränderungen gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung der beiden Niere platzgreifen. Wenn das der Fall ist, so muss der Diffusionsprocess, durc welchen das Blut von den Harnbestandtheilen gereinigt wird, gestör werden; denn die eigentliche Ursache dieses Diffusionsprocesses ist ja dass auf der einen Seite Eiweisssubstanzen, und auf der andern Seit keine Eiweisssubstanzen sind. Wenn dieser Diffusionsprocess gestör worden ist und einige Zeit gestört bleibt, dann müssen in Folge davo urämische Erscheinungen eintreten. Soweit die Erfahrung reicht, stimm auch diese Auffassung der beiden Arten von Fällen mit den Section befunden.

Diese Theorie der Diffusion und Filtration bezieht sich indess nicht auf alle Erscheinungen bei der Harnabsonderung. Wir haben gesehen, dass ein Theil der Reptilien und der Vögel den grössten Theil seines Stickstoffs in Gestalt von Harnsäure ausscheidet. Das findet auch bei den Schnecken statt. Wenn man das Epithel einer Schneckenniere ansieht, so findet man das Protoplasma der Zellen ganz durchsetzt von zum Theil sehr grossen Kugeln, bestehend aus Harnsäure und harnsauren Salzen. Diese werden aus denselben ausgestossen und bilden dann in breiiger Masse den Hauptbestandtheil des Harns. Früher glaubte man, die Zellen müssten dabei zu Grunde gehen, weil man glaubte, dass sie aus einer Membran und einem flüssigen Inhalte bestünden; jetzt aber wissen wir, dass nackte Zellen fremde Körper aufnehmen können, ohne dabei zu Grunde zu gehen, sie können also auch feste Körper, welche in ihrem Innern enthalten sind, ausstossen, ohne dass sie dabei zu Grunde gingen, und das findet in der That in der Schneckenniere statt. In ähnlicher Weise kann man auch den Process in der Schlangen- und in der Vogelniere verfolgen, nur dass die Harnsäurekugeln nicht so gross sind, wie man sie in den Epithelzellen der Schneckenniere findet. Hier werden also offenbar Harnsäure und harnsaure Salze in Substanz, in Körnchen, abgesondert und ausgestossen, dieselben Körnchen, aus welchen der ganze breiige Harn der Schlangen besteht. Dies findet auch beim Menschen statt, und zwar in grösster Ausdehnung während des Embryonallebens und, wie es scheint, auch noch in den ersten Zeiten nach der Geburt. Manchmal sind hier so viel Harnsäure und harnsaure Salze in Substanz ausgeschieden, dass ganze Gruppen von Harnkanälchen damit wie mit einer körnigen Masse angefüllt sind. Es ist dies der sogenannte Harnsäureinfarct der Neugebornen.

Ob alle Harnsäure, welche überhaupt in den Epithelzellen der Harnkanälchen erscheint, als solche ausgestossen wird, oder ob sie noch in den Epithelzellen wieder weiter zerfallen kann, so dass sie Harnstoff, Oxalsäure u. s. w. bildet, weiss man bis jetzt nicht. Ueber den Antheil der Epithelzellen an der Harnsecretion hat Heidenhain in neuerer Zeit interessante Versuche angestellt. Er hat indigschwefelsaures Natron in die Venen injicirt und den ausgeschiedenen Farbstoff immer nur in den gewundenen Harnkanälen und im erweiterten Theile der Henle'schen Schlingen wiedergefunden, theils im Lumen, theils in den Epithelzellen. Die Malpighi'schen Kapseln waren durchweg frei von Farbstoff. Es ist darnach nicht unwahrscheinlich, dass die Epithelzellen auch bei der Ausscheidung anderer Substanzen, sei es, dass sie normal im Blute vorkommen, sei es, dass sie vorübergehend in dasselbe gebracht worden sind, eine wesentliche, aber bis jetzt noch räthselhafte Rolle spielen. Unberechtigt würde der Schluss sein, dass alle wesentlichen Bestandtheile des Harns auf diesem Wege und nur auf diesem Wege abgesondert werden, und die Glomeruli nur die Quelle des Wassers, beziehungsweise des Wassers und der Salze seien. Es ist z. B. im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass eine so leicht diffundirbare Substanz wie der Harnstoff nicht in ähnlichem procentischem Verhältniss, wie ihn das Blut enthält, mit dem Wasser in die Malpighi'sche Kapsel abfiltrirt werden sollte, und weder in Heidenhain's Versuchen noch in anderen liegt ein Grund dies zu verneinen. Dass man dergleichen Schlüsse aus Heidenhain's

Resultaten nicht ziehen darf, haben auch die Versuche von v. Wittich gezeigt, der fand, dass sich die Glomeruli und der Inhalt der Harnkanäle, aber nicht die Epithelzellen derselben roth färben, wenn man karminsaures Ammoniak ins Blut einspritzt.

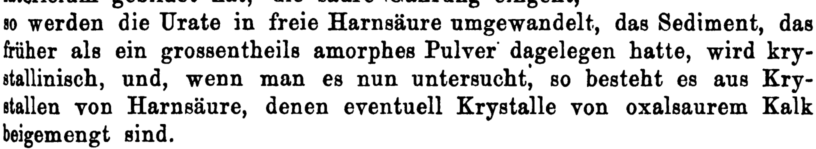
Veränderungen des Harns ausserhalb des Körpers, Sedimente.

Der Harn wird, wie wir gesehen haben, in der Regel mit saurer Reaction gelassen. Wenn man ihn an einem nicht zu warmen Orte aufbewahrt und von Zeit zu Zeit seine Reaction prüft, so wird man bemerken, dass dieselbe stärker sauer wird. Das dauert je nach der Temperatur mehrere Tage, es kann, wenn der Harn im Keller oder im Winter im ungeheizten Zimmer aufbewahrt wird, 8 bis 10 Tage dauern: es ist die sogenannte saure Harngährung. Die Säure, die sich hier bildet, ist Milchsäure. Man leitete dieselbe früher von der Zersetzung eines Pigmentes ab, dessen Umwandlung in Milchsäure aber niemals nachgewiesen wurde. Es ist viel wahrscheinlicher, dass die kleinen Mengen von Zucker, welche der Harn enthält, die Quelle der Milchsäure sind. Es ist eine bekannte Thatsache, dass kleine Mengen von Zucker, welche mit grösseren Mengen von anderweitigen Substanzen, namentlich stickstoffhaltigen, gemengt sind, nicht die Alkoholgährung, sondern die Milchsäuregährung eingehen. In ähnlicher Weise, wie man im Harne die saure Gährung beobachtet, kann man auch die saure Gährung in einer verdünnten Lösung von Hühnereiweiss beobachten. Auch Hühnereiweiss enthält immer eine kleine Quantität Zucker. Wenn man dasselbe mit Wasser verdünnt, neutralisirt und an einem kühlen Orte aufbewahrt, so dass es nicht fault, so bemerkt man, dass es nach und nach saure Reaction annimmt.

Nach längerer Zeit und um so früher, je höher die Temperatur ist, in welcher der Harn steht, um so früher ferner, je mehr dem Harne Schleim, Eiter beigemengt sind, wird die Reaction alkalisch. Es beruht dies darauf, dass unter dem Einflusse eines fauligen Zersetzungsprocesses der Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt. Es ist die sogenannte alkalische Harngährung oder die Fäulniss des Harns. Erst jetzt nimmt der Harn den stinkenden Geruch nach kohlensaurem Ammoniak an, den er im frischen Zustande durchaus nicht hat.

Während dieser verschiedenen Perioden treten häufig Niederschläge in dem ursprünglich klaren Harne auf. Mancher Harn, namentlich Harn von Fieberkranken in einem gewissen Stadium, dann Harn von Menschen, welche sich grossen Anstrengungen unterzogen, einen anstrengenden Marsch gemacht, eine Nacht durch getanzt haben, scheidet beim Erkalten ein Sediment aus, das anfangs gelblichweiss ist, sich aber später röthlich färbt, so dass es das Ansehen von Ziegelmehl bekommt. Nach diesem ziegelmehlartigen Ansehen führt das Sediment den Namen Sedimentum latericium. Es besteht aus sauren harnsauren Salzen, welche sich ausscheiden, weil sie in der kalten Flüssigkeit viel weniger löslich sind, als in der warmen. Es ist viel darüber gestritten worden, ob dieses Sediment aus harnsaurem Natron oder harnsaurem Ammoniak bestehe. Durch die Untersuchungen von Heintz und Bence Jones hat es sich heraus-

gestellt, dass die Hauptmasse dieser Sedimente in der Regel harnsaures Natron ist, das sich in kleinen Körnchen ausgeschieden hat. Ausserdem kommt aber darin auch harnsaures Ammoniak, harnsaures Kali, harnsaurer Kalk und harnsaure Magnesia vor. Dieses Sedimentum latericium löst sich wieder auf, wenn man den ganzen Harn erwärmt, weil die sauren harnsauren Salze in der warmen Flüssigkeit viel löslicher sind, als in der kalten. Manchmal bleibt ein Theil des Sediments ungelöst. Dasselbe besteht nämlich nicht immer blos aus harnsauren Salzen, sondern ist ihm auch manchmal Harnsäure in Substanz und oxalsaurer Kalk beigemengt. Die Harnsäure scheidet sich aus in rhombischen Tafeln, in der sogenannten Wetzsteinform oder in Nadelbüscheln (siehe S. 381, Fig. 44), der oxalsaure Kalk in Oktaedern (siehe Fig. 46), und da diese Oktaeder unter dem Mikroskope von oben gesehen ein Rechteck mit zwei sich kreuzenden Diagonalen zeigen, so hat man diese Form die Briefcouvertform genannt.


Fig. 46.

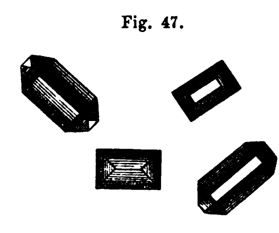
Wenn der Harn, während sich das Sedimentum latericium gebildet hat, die saure Gährung eingeht, so werden die Urate in freie Harnsäure umgewandelt, das Sediment, das früher als ein grossentheils amorphes Pulver dagelegen hatte, wird krystallinisch, und, wenn man es nun untersucht, so besteht es aus Krystallen von Harnsäure, denen eventuell Krystalle von oxalsaurem Kalk beigemengt sind.

Es kann sich auch beim ruhigen Stehen des Harnes kein Sedimentum latericium, aber ein anderes Sediment bilden, ein Sediment, das erst wie eine weissliche Wolke im Harne schwebt und sich nach und nach flockig zu Boden setzt. Dieses Sediment besteht aus phosphorsaurem Kalk. Es rührt daher, dass der Harn beim Stehen die aufgelöste Kohlensäure verloren hat, und sich deswegen ein Theil des phosphorsauren Kalks ausschied. Es bildet sich nur in solchem Harn, der von vorneherein schwach sauer ist, denn, wenn er stärker sauer ist, hält er auch nach dem Abdunsten gasförmiger Kohlensäure die Phosphate als saure phosphorsaure Salze in Auflösung. Es ist dies dasselbe Sediment, von dem ich bei der Prüfung auf Eiweiss gesprochen habe (S. 417).

Wenn der Harn anfängt zu faulen, die alkalische Gährung einzugehen, so entstehen die Sedimente des alkalischen Harns, unter den harnsauren Salzen noch harnsaures Ammoniak, dabei aber phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniakmagnesia. Es kann im Harne im Allgemeinen erscheinen normaler phosphorsaurer Kalk, in dem alle drei Wasserstoffatome der Säure durch Calcium vertreten sind, und derjenige saure phosphorsaure Kalk, in welchem zwei Wasserstoffatome der Säure durch Calcium vertreten sind, $CaHPO_4 + 2\,H_2\,O$, weil er auch noch einigermassen schwer löslich ist und sich krystallinisch ausscheidet. Der dritte, bei dem nur ein Wasserstoffatom der Säure durch Calcium vertreten ist, kann sich nicht ausscheiden, weil er zu leicht löslich ist. Während der alkalischen Harngährung scheidet sich aber in der Regel der ganze Kalk als normaler phosphorsaurer Kalk im amorphen Zustande aus, und dieses amorphe Sediment ist gemischt mit zahlreichen Krystallen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, welche sich ausserdem, wenn die Flüssigkeit ruhig gestanden hat, auch an den Wänden des

Gefässes und an der Oberfläche der Flüssigkeit findet. Da die ph‹ saure Ammoniakmagnesia Krystalle bildet, welche, von der Fläc sehen, einen ähnlichen Anblick geben, wie die hohen Sargdeckel, in manchen Gegenden Deutschlands üblich sind, so hat man dies‹ stalle mit dem Namen der Sargdeckelformen (siehe Fig. 47) beze

Fig. 47.



Zu dieser Zeit pflegen auch Pilze und nen im Harne zu entstehen, und diese bisweilen mit den Krystallen von ph‹ saurer Ammoniakmagnesia einen haut Ueberzug auf der Oberfläche des Harnes, rahmartigen Beleg, welchen man zuei dem Harne von Schwangeren beobachtet welchen man mit dem Namen der Ky schicht belegte. Man glaubte darau Schwangerschaft diagnosticiren zu können. Es hat sich aber g dass das sogenannte Kyestein keine eigenthümliche und auch charakteristische Substanz sei, sondern dass es ein aus Pilzen, Vil und kleinen Krystallen bestehender Beleg sei, der sich auch auf ε Harne bildet, vorausgesetzt, dass dieser auch leicht die alkalisch‹ rung eingeht. Das ist aber beim Harne der Schwangeren weg‹ grösseren Menge von Schleim, welcher demselben in der Reg‹ gemischt ist, vorzugsweise der Fall. Wenn der Harn nicht durch I von überschüssigem Ammoniak, sondern aus irgend einem anderen (seine saure Reaction eingebüsst hat oder alkalisch abgesondert so kann auch $Mg_3(PO_4)_2 + 22\, H_2O$ vorkommen. Stein fand längliche Tafeln mit schief aufgesetzten Endkanten. Bei grossem gehalt und geringerem Gehalt an Phosphorsäure kann sich im alka Harn auch kohlensaurer Kalk ausscheiden. Abbildungen über di schiedenen Harnsedimente, um sie unter dem Mikroskope wie erkennen, finden Sie im Atlas von Funke, und in noch reichere wahl in dem Atlas über die physiologischen und pathologischen sedimente von R. Ultzmann und K. B. Hofmann.

Harnsteine.

Solche Sedimente nun, wie sie ausserhalb des Körpers ent: können sich auch schon in der Blase bilden, sowohl Sedimen sauren als auch des alkalischen Harns. Je nach der Grösse der ein sich ausscheidenden Theilchen ist der Harn nur getrübt, oder eı nachdem er gelassen ist, sofort am Boden ein sandiges, manchn grobkörniges Sediment erkennen, welches dann den Namen des grieses führt.

Grössere Concretionen belegen wir mit dem Namen der Wir unterscheiden Nierensteine und Blasensteine. Die Blasenstein in der Regel, wenn sie sich nicht um fremde Körper gebildet welche von aussen in die Blase hineingekommen sind, früher N steine gewesen; sie haben ihren Weg durch den Ureter gemacht aber dann in der Blase liegen geblieben und haben sich hie grössert.

Das häufigste, das gewöhnlichste Material für die Harnsteine, sowohl für die Nierensteine, als für die Blasensteine, ist Harnsäure, theils als solche, theils in Gestalt von sauren harnsauren Salzen. Bei weitem bei den meisten Harnsteinen besteht daraus der Kern. Manchmal kann man noch in dem Kerne eine Lücke wahrnehmen, so dass man sieht, dass ursprünglich ein weicher Körper, ein Schleimflöckchen oder ein kleines Blutgerinnsel, vorhanden gewesen war, um welchen sich die Harnsäure zuerst abgelagert und so den Kern des Steines gebildet hat. Die Steine, welche ganz aus Harnsäure und harnsauren Salzen bestehen, haben in der Regel eine sphäroidische oder ellipsoidische Gestalt, sie sind im Allgemeinen auf der Oberfläche ziemlich glatt, und wenn man sie durchschneidet und den Durchschnitt polirt, so findet man denselben von lichtgelber bis orangegelber Farbe, manchmal auch etwas ins Bräunliche fallend und schön concentrisch geschichtet. Die Schichten zeichnen sich dadurch aus, dass sie auffallend gleichmässig sind, dass die eine sich immer der Gestalt der nächstfolgenden anschliesst. Diese Steine erreichen eine bedeutende Grösse. Ein grosser harnsaurer Stein, von dem sich die Hälfte in meinen Händen befindet, wog 229,3 Gramm.

Nächst der Harnsäure ist das häufigste Material für die Harnsteine der oxalsaure Kalk. Er bildet Steine von anderer Form und Farbe. Sie sind dunkel rehbraun, bisweilen fast schwärzlich gefärbt und haben eine überaus höckerige Oberfläche. Wegen dieser höckerigen Oberfläche bezeichnet man sie mit dem Namen der Maulbeersteine, der Calculi moriformes. Sie haben dabei eine viel grössere Härte als die harnsauren Steine. Wenn man einen Maulbeerstein durchsägt, so findet man nicht selten, dass er im Innern einen Kern aus Harnsäure und harnsauren Salzen enthält. Diesen Kern erkennt man sogleich an seiner regelmässigen Schichtung und an den glatten sphäroidischen Oberflächen, welche die Schichten ursprünglich gehabt haben. Andererseits kommt es aber auch vor, dass sich um einen Maulbeerstein Schichten von Harnsäure und harnsauren Salzen ablagern. Wenn man dann einen solchen Stein durchsägt, so bekommt man in der Mitte den mehr sternförmigen Durchschnitt des Maulbeersteins, während um denselben herum die unter sich nahezu parallelen Schichten des Uratbeleges verlaufen. Bei manchen Harnsteinen wechseln Harnsäure und oxalsaurer Kalk mit einander ab und sind auch untereinander gemengt, woraus wohl hervorgeht, dass die Ausscheidung von oxalsaurem Kalk und die Ausscheidung von Harnsäure in nahem Zusammenhange stehen, und dass die Oxalsäure des oxalsauren Kalkes nicht etwa von zufällig genossenem Sauerampfer oder Sauerklee herrührt, sondern von der Harnsäure, welche zerfällt und als eines ihrer Zersetzungsproducte Oxalsäure gibt.

Ein ausserordentlich viel selteneres Material für primäre Steinbildung ist das Cystin. In meinen Händen befindet sich ein Cystinstein, welcher von meinem verstorbenen Collegen Schuh durch Operation zu Tage gefördert worden ist. Er besteht aus fast reinem Cystin, ist an der Oberfläche nur mässig rauh, auf dem Durchschnitte nicht deutlich geschichtet, er besitzt vielmehr ein strahliges, krystallinisches Gefüge und ist auf dem geschliffenen Durchschnitte wachsglänzend : er hat auch mit einem Stück Wachs das gemein, dass er von schmutzig gelbweisser, etwas

ins Grünliche spielender Farbe, und, was bei keinem andern Harnsteine der Fall ist, an den Kanten etwas durchscheinend ist.

Als weiteres Material für primäre Harnsteine ist noch das Xanthin zu nennen. Xanthinsteine, die selten sind, werden als den Harnsäuresteinen im Aeusseren im Allgemeinen ähnlich beschrieben, so dass man sie für harnsaure Steine halten könnte, bis man bei der Untersuchung auf Harnsäure statt der Harnsäurereaction die Reaction des Xanthins findet.

Endlich sind noch beschrieben worden Steine aus sogenanntem Urostealith, einem bis jetzt noch räthselhaften Körper über welchen ich Ihnen nichts Sicheres angeben kann. Es sind diese Steine überhaupt nur zweimal beobachtet worden: sie sollen aus einer brennbaren Substanz, welche man mit dem Namen Urostealith bezeichnet hat, bestehen.

Alle Steine, sie mögen aus welchem Material immer bestehen, können Veranlassung zu secundären Auflagerungen geben.

Die Substanzen, welche wir bis jetzt beschrieben haben, waren Sedimente aus dem sauren Harne; wenn aber ein Reizungszustand der Blase eintritt, so dass Schleim und Eiter abgesondert wird, so fängt der Harnstoff an, sich zu zersetzen, der Harn wird alkalisch, und nun erscheinen die Sedimente des alkalischen Harns, normaler dreibasisch phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniakmagnesia, und diese lagern sich auf den bereits gebildeten Stein auf. So entstehen die secundären Schichten. Daher rührt es auch, dass die Praktiker die Erfahrung machen, dass bei Steinen aus Phosphaten, das heisst Steinen, deren Oberfläche aus Phosphaten besteht, die Kranken viel mehr Schmerzen haben, als bei ganz rauhen Maulbeersteinen, die doch gewiss die Blase mechanisch stärker afficiren. So lange der oxalsaure oder harnsaure Stein noch seine natürliche Oberfläche hat, ist die Blase noch relativ gesund, während, wenn bereits secundäre Ablagerungen vorhanden sind, die Blase meist selbst erkrankt ist. Es geschieht nicht selten, dass der Harn zu verschiedenen Zeiten sauer ist, dann alkalisch wird, dann wieder sauer u. s. w., so dass sich nun abwechselnd Sedimente des alkalischen und des sauren Harns ablagern. In meinen Händen befindet sich ein Stein, welcher einen kleinen Kern von oxalsaurem Kalk mit etwas Uraten hat; darum haben sich sehr frühzeitig secundäre Schichten aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia abgelagert. Darauf ist der Harn wieder sauer geworden, es haben sich wieder Urate und oxalsaurer Kalk abgelagert, dann ist er wieder alkalisch geworden, und so haben sich oftmals hintereinander die Sedimente des alkalischen und des sauren Harns abgelöst, so dass die gefärbten Schichten der primären mit den weissen der secundären Ablagerung abwechseln. Es kommt aber auch vor, dass Steine ganz aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia bestehen, nämlich dann, wenn von vorneherein da, wo die Steinbildung statthatte, der Harn schon alkalisch war. Solche Steine haben sich häufig um eine Schleimflocke oder um ein Blutgerinnsel gebildet, und sie kommen namentlich dort vor, wo der Harn stagnirt, oder wo er besondere Gelegenheit hat, zu faulen, in Divertikeln der Blase oder der Urethra, in Fistelgängen u. s. w. Wenn einer der beiden Bestandtheile, normaler phosphorsaurer Kalk oder phosphorsaure Ammoniakmagnesia, so vorherrscht, dass er den Stein

fast ausschliesslich bildet, so kann man dies leicht erkennen, denn der normale phosphorsaure Kalk scheidet sich in den Steinen amorph aus, während sich die phosphorsaure Ammoniakmagnesia in verhältnissmässig grossen Krystallen ausscheidet, die sich radiär gruppiren. Je mehr der Stein an seiner Oberfläche glatt und kreidig ist, um so mehr enthält er an derselben phosphorsauren Kalk; weisse kamm- oder spitzenartige Hervorragungen oder dendritische Rauhigkeiten rühren von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia her.

Die Steine behalten in der Blase nicht immer ihre chemische Zusammensetzung. Wenn der Harn alkalisch wird, so wirkt er auf den bereits vorhandenen Harnstein ein. Hiebei pflegt er einen Theil des oxalsauren Kalks in kohlensauren Kalk umzuwandeln. Wenn Sie auf oxalsauren Kalk eine Lösung kohlensauren Ammoniaks einwirken lassen, so finden Sie nach einiger Zeit den Rest des oxalsauren Kalks gemengt mit einer grösseren oder geringeren Menge von kohlensaurem Kalk, und andererseits finden Sie in der Flüssigkeit oxalsaures Ammoniak. Dieselbe Zersetzung geht nun auch in der Blase vor, der Kalk tauscht auch hier die Oxalsäure gegen Kohlensäure aus. Auch auf die Harnsäure wirkt der ammoniakalische Urin, indem ganz langsam harnsaures Ammoniak gebildet wird; das geschieht an der Oberfläche, geschieht aber auch im Innern, wo der Harn irgendwie Gelegenheit hat, durch Spalträume oder durch Poren in das Innere des Steines einzudringen. Nun nimmt aber das harnsaure Ammoniak einen grösseren Raum ein, als die Harnsäure, und die Folge davon ist, dass es als Sprengmittel wirkt. Hierauf beruht die auf den ersten Anblick so räthselhafte Selbstzertrümmerung der Steine. Man findet Steine, von welchen offenbar innerhalb der Blase Stücke abgesprungen sind, ja man befördert manchmal aus der Blase Steine heraus, welche im Innern vollständig zertrümmert sind und nach aussen umgeben von secundären Schichten, von phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, gemengt mit harnsaurem Ammoniak. Diese Steine versteht man erst, wenn man andere sieht, welche auf dem Durchschnitte zahlreiche Spalträume zeigen, die alle mit harnsaurem Ammoniak ausgefüllt sind, und sieht, dass auch an den Stücken des zertrümmerten Steines ähnliche, wenn auch kleinere Sprünge vorhanden sind, welche gleichfalls schon angefüllt sind mit harnsaurem Ammoniak; dann liegt der Schluss nahe, dass von solchen Spalten aus die ganze Zertrümmerung des Steines vor sich gegangen ist. Andererseits waschen sich manchmal, da das harnsaure Ammoniak doch löslicher ist, als die Harnsäure, metamorphische Schichten zwischen secundären theilweise heraus, so dass der Stein hinterher aus lauter Schalen besteht, welche unter sich nur locker zusammenhängen. Sie sehen ein, dass das ein Process ist, welcher der künstlichen Zertrümmerung des Steines in sehr dankenswerther Weise vorarbeitet. Es wird angegeben, dass nach dem Gebrauche von Karlsbader Wasser oft Trümmer von Steinen abgehen, ohne dass vorher eine Zertrümmerung gemacht oder versucht worden wäre. Inwiefern hier das Karlsbader Wasser zu der Zertrümmerung mitgewirkt, beziehungsweise inwieweit dieselbe schon vorher von Statten gegangen war, ist bis jetzt nicht ermittelt.

Die Erkennung der Bestandtheile der Harnsteine macht im Allgemeinen keine besonderen Schwierigkeiten. Von den Reactionen auf

Harnsäure, Xanthin, Cystin haben wir bereits gesprochen. Steine, in denen man Xanthin neben Harnsäure vermuthet, soll man nach Lebon pulvern und mit Chlorwasserstoffsäure ausziehen, welche das Xanthin, aber nicht die Harnsäure aufnimmt und beim Abdampfen Krystalle von chlorwasserstoffsaurem Xanthin absetzt. Den oxalsauren Kalk erkennt man, indem man das Pulver des Steines mit einer Lösung von kohlensaurem Natron kocht; dann bildet sich kohlensaurer Kalk und oxalsaures Natron: von dem kohlensauren Kalk filtrirt man ab und tröpfelt dann zu der Flüssigkeit, nachdem sie mit Essigsäure angesäuert ist, eine Lösung von schwefelsaurem Kalk hinzu. Bringt diese eine Trübung hervor, so hat man ein Recht, auf das Vorhandensein von Oxalsäure zu schliessen. Der phosphorsaure Kalk und die phosphorsaure Ammoniakmagnesia werden dadurch erhalten, dass man das zur Gewinnung der harnsauren Salze mehrmals mit Wasser ausgekochte Pulver von einem Stücke der zu untersuchenden Schicht mit Essigsäure auszieht und die essigsaure Auflösung mit Ammoniak wieder fällt. Man darf nur nicht glauben, dass die Phosphate in den Harnsteinen durch Essigsäure immer so leicht aufgelöst werden, wie sich ein Niederschlag von normalem phosphorsauren Kalk oder von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia auflöst. Denn die organischen Substanzen, welche zwischen den Partikeln des phosphorsauren Kalks und der phosphorsauren Ammoniakmagnesia liegen, setzen, namentlich wenn sie eingetrocknet sind, der Einwirkung der Essigsäure oft einen sehr grossen Widerstand entgegen. Es bildet sich beim Eindringen der Essigsäure in das Pulver krystallinischer $([H, Ca] PO_4 + 2 H_2 O)$ phosphorsaurer Kalk, der unter diesen Umständen nur langsam in das leichtlösliche saure Salz umgewandelt wird. Man bedient sich deshalb mit Vortheil eines Gemenges von Essigsäure mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, aber dieses löst nicht allein kohlensauren Kalk, wie es die reine Essigsäure auch thut, sondern auch oxalsauren Kalk auf. Man setzt deshalb dem Filtrate unter stetem Umrühren oder Umschütteln Ammoniak in kleinen Portionen zu. Ist dann oxalsaurer Kalk aufgelöst, so scheidet er sich aus, wenn die Flüssigkeit noch von Essigsäure stark sauer ist. Man lässt dann absetzen, filtrirt vom Niederschlage ab und fällt nun die Phosphate durch überschüssig zugesetztes Ammoniak. Man sammelt den Niederschlag auf dem Filtrum und untersucht eine Probe mikroskopisch auf Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, die sich bei der raschen Fällung gewöhnlich in zierlichen stern-, büschel- und fiederförmigen Krystallgruppen ausscheidet. Den Rest glüht man auf dem Platinbleche, um zu sehen, wieviel davon wirklich aus feuerfesten Bestandtheilen besteht, und was etwa an in der Säure löslichen organischen Substanzen beim Sättigen der Säure wieder mit den Erden herausgefallen ist.

Den Rückstand löst man in einem Reagirglase unter Erwärmen in stark verdünnter Salpetersäure, wirft einen Krystall von molybdänsaurem Ammoniak hinein und erwärmt nochmals. Man erkennt dann den Gehalt der Probe an Phosphorsäure an dem gelben Niederschlage von phosphormolybdänsaurem Ammoniak. War sehr wenig Phosphorsäure zugegen, so färbt sich die Flüssigkeit beim Erwärmen nur gelb, scheidet aber doch meistens beim Erkalten unter Entfärbung eine geringe Menge eines gelben Pulvers aus.

Die stets an Kalk gebundene Kohlensäure erkennt man, wenn man das vorher mit Wasser ausgekochte Pulver des Steines mit verdünnter Schwefelsäure oder verdünnter Chlorwasserstoffsäure versetzt und das sich etwa entwickelnde Gas in Kalk- oder Barytwasser einleitet.

Bei der Häufigkeit der Steinkrankheit in einigen Gegenden hat man sich sehr viel Mühe gegeben, die Ursachen zu ermitteln, denen dieselbe zuzuschreiben ist. Man ist aber dabei nicht glücklich gewesen. Wenn man irgend einen Anhaltspunkt zu finden geglaubt hatte, so hat es sich hinterher doch wiederum gezeigt, dass er nicht brauchbar sei. Man leitete in einzelnen Gegenden, wie z. B. im würtembergischen Oberlande, wo sehr viel saurer Wein getrunken wird, die Steine von dem Genusse des sauren Weines her. Es hat sich aber seitdem gezeigt, dass in andern Gegenden, wie z. B. in den Moselgegenden, wo eben so viel saurer Wein getrunken wird, die Steine ausserordentlich selten sind, ja viel seltener, als in manchen Gegenden, in denen gar kein Wein getrunken wird. So ist z. B. in einigen Gouvernements von Russland unter den Bauern, welche gewiss keinen Wein zu trinken bekommen, die Steinkrankheit häufiger als in Deutschland oder in irgend einer Weingegend. Auch in Persien, wo der grösste Theil der Bevölkerung sich des Weines aus religiösen Rücksichten enthält, sind von Dr. Polak Steine in Menge beobachtet worden.

Man hat auch die Steinkrankheit von kalkhaltigem Trinkwasser hergeleitet. Es hat sich dies aber nicht durchführen lassen, sondern es hat sich im Gegentheile gezeigt, dass in manchen Ländern, in denen sehr harte, kalkhaltige Wässer sind, die Steinkrankheit ausserordentlich selten ist, und in andern Ländern, die ein weiches, wenig kalkhaltiges Trinkwasser haben, die Steinkrankheit häufig ist. Ein wesentlicher Fortschritt ist in neuerer Zeit gemacht worden. Man hat nämlich früher, geleitet von Schriften über Steinkrankheit, die von englischen Aerzten herrührten, die Steinkrankheit im Ganzen als eine Krankheit alter Leute angesehen. Man hat wohl gewusst, dass bei Kindern auch Steine vorkommen, man hat das aber zu wenig beachtet. Durch die Erfahrungen, welche Balassa in Ungarn gemacht hat, hat es sich herausgestellt, dass die Steinkrankheit fast eine Kinderkrankheit zu nennen ist, indem er gefunden hat, dass nicht nur die Steinkrankheit bei Kindern verhältnissmässig häufig ist, sondern dass auch die Steine, welche bei Erwachsenen vorkamen, grösstentheils auf ein früheres Datum zurückzuführen waren, wenn man nach Beschwerden examinirte, welche etwa schon in der Jugend gefühlt worden waren. Dieselbe Erfahrung hat Dr. Polak in Persien gemacht, ja es sind ihm dort Säuglinge mit Symptomen vorgekommen, die denen einer Steinkolik ganz ähnlich waren. Ferner gibt Heller an, Uratconcretionen bei Säuglingen nicht nur in der Niere, sondern auch in der Blase gefunden zu haben. Wenn man sieht, wie der Kern der Harnsteine in den meisten Fällen aus Harnsäure besteht, und erfährt, dass ein grosser Theil der Steine aus früher Jugend herrührt, so kann man kaum daran zweifeln, dass die Steinkrankheit mit dem Harnsäureinfarct der Neugebornen im directen Zusammenhange steht. Die Steine, die sich bei alten Leuten in der Blase bilden, ohne dass man Steinbildung in den Nieren findet oder das frühere Vorhandensein von Nierensteinen nachweisen kann, rühren nach Ultzmann häufig daher, dass die Blase sich beim Uriniren unvoll-

kommen entleert in Folge anatomischer Veränderungen, welche eingetreten sind.

Da es ausserordentlich schwer ist, Erfahrungen zu machen über das Regime, welches bei der Steinkrankheit günstig oder ungünstig ist, und über die Medicamente, welche bei der Steinkrankheit nützlich sein können, so ist das, was man in derselben gethan hat, grösstentheils nach theoretischen Voraussetzungen gemacht worden. Im vorigen Jahrhundert wurde in England namentlich viel Magnesia gegen Steinkrankheit gegeben. Es rührte dies her von der Vorstellung der Aerzte, dass man mit der Magnesia die Säure im Organismus tilgen müsse, weil diese die eigentliche Ursache der Krankheit sei. Obgleich man aber so viel Magnesia gab, dass in einzelnen Fällen Darmsteine aus Magnesia entstanden, so entsprach der Erfolg doch nicht den gehegten Erwartungen. Es trat später ein Frauenzimmer auf, welches ein Geheimmittel gegen die Steinkrankheit hatte, über das sogar im Parlamente verhandelt wurde, und als sie dieses Geheimniss aufdeckte, so zeigte es sich, dass ihr Mittel aus spanischer Seife mit gebrannten Schneckenhäusern und Eierschalen nebst etwas Potasche bestand. Von dieser Seife, die aus Olivenöl und Soda bereitet war, wurden die äusseren Rindenschichten weggenommen, und der Kern wurde mit den erwähnten Zusätzen innerlich gebraucht. Es lag offenbar auch hier die Idee zu Grunde, durch Alkalien auf die Säure im Organismus zu wirken. Dann wurden kohlensaure alkalische Wässer getrunken, und diese sind es, welche ihren Ruf bis auf den heutigen Tag behalten haben. Man hat statt ihrer auch kohlensaure Alkalien allein gegeben, namentlich in neuerer Zeit auch kohlensaures Lithion, weil das saure harnsaure Lithion im Wasser viel leichter löslich ist, als das saure harnsaure Natron. Aber die freie Kohlensäure in den alkalischen Wässern ist wahrscheinlich nicht ganz wirkungslos, indem sie dazu dient, selbst wenn der Harn nur noch schwach sauer ist, die Phosphate in Auflösung zu erhalten. Zugleich macht die Kohlensäure überhaupt grössere Mengen von diesen Wässern nehmbar, sie würden den Magen viel unangenehmer afficiren, wenn sie die Kohlensäure nicht enthielten, und die Menge der Flüssigkeit, die genommen wird, ist auch ein wesentlicher Factor, mit dem man rechnen muss, weil durch sie die Gelegenheit zu neuer Ausscheidung vermindert wird.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob es möglich ist, durch ein bestimmtes Regime und durch bestimmte Medicamente die Ablagerung und das Wachsthum der Steine zu verhüten oder gar schon vorhandene Steine aufzulösen. Das kann im Allgemeinen nicht verneint werden, indem ganz bestimmte Daten dafür vorliegen, dass Harnsteine wenigstens partiell in den Harnwegen aufgelöst worden sind. Ich habe einen Harnstein gesehen, bei welchem es sich aus den Symptomen mit voller Bestimmtheit ergeben hatte, dass derselbe drei Wochen im Ureter gesteckt. Er hatte hier aber keine vollständige Verstopfung hervorgebracht, denn es hatte sich in demselben eine Rinne gebildet. Diese Rinne war glatt, während die übrigen Partien, welche dem Ureter angelegen hatten, rauh waren. Es war also klar, dass diese Rinne durch den durchgehenden Harn ausgewaschen worden war. Ebenso habe ich mehrmals an Steinen, die durch den Steinschnitt entfernt worden waren, ganz deutliche Usuren beobachtet, die mich an einer partiellen Auflösung nicht zweifeln liessen.

Es ist eine solche auch an sich vollkommen begreiflich, weil von den Verbindungen, welche den Stein zusammensetzen, keine sowohl im sauren, als auch im alkalischen Harn absolut unlöslich ist, sondern nur schwer löslich in verschiedenem Grade. Die harnsauren Salze, die Urate, sind sogar nur mässig schwer löslich, namentlich in der Flüssigkeit von einer Temperatur von 38^0, welche sie umspült. Wenn also ein verdünnterer Harn mit ihnen in Berührung kommt, so kann er wieder einen Theil von ihnen aufnehmen. Daraus geht hervor, dass nicht nur die Qualität, sondern auch wesentlich die Quantität der Flüssigkeit, welche in den Körper hineingebracht wird, eine Rolle spielt. Damit mag es auch zusammenhängen, dass in exquisiten Bierländern und unter den Biertrinkern die Steinkrankheit verhältnissmässig selten ist. Als Ure fand, dass die Benzoësäure, in den Körper hineingebracht, als Hippursäure wieder fortgeht, glaubte man hiedurch ein Mittel gegen die Harnsäuresteine gefunden zu haben, man glaubte denjenigen Stickstoff, welcher sonst in Gestalt von Harnsäure fortgeht, in Gestalt von Hippursäure fortbringen zu können. Es hat sich dies aber nicht bewährt.

Die Hautsecretion.

Schweissdrüsen und Schweiss.

Wir gehen jetzt zu einem andern Kapitel über, zu den Ausscheidungen durch die Haut. Den Ausscheidungen durch die Niere müssen wir zunächst die Ausscheidungen durch die Schweissdrüsen anschliessen. Die Haut hat bekanntlich an manchen Stellen und namentlich an den behaarten Stellen eine mehr glatte Oberfläche, während sie an andern Stellen uneben gemacht ist durch Papillen der Cutis, welche sich an ihrer Oberfläche in Gebirgsketten hinziehen, über welche das Epidermislager hinweggeht und namentlich an der Vola manus und Planta pedis eigenthümliche Riffe bildet, welche der Richtung dieser Gebirgsketten folgen. Die Cutis selbst besteht aus Bindegewebe, in welches elastische Fasern eingewebt sind, und ausserdem kommen an allen behaarten Theilen glatte, organische Muskelfasern vor in Gestalt der sogenannten Arrectores pili, die von der Cutis entspringen, nach abwärts laufen und sich an den tieferen Theil des Haarbalges ansetzen, so dass sie die Haare, wenn sie sich zusammenziehen, heben und aufrichten und hiedurch die sogenannte Cutis anserina hervorrufen. Unter der Cutis liegt der Panniculus adiposus oder das subcutane Bindegewebe, ausgenommen diejenigen Stellen, wo die Muskeln sich unmittelbar mit dem festeren Bindegewebe der Cutis verbinden. Das subcutane Bindegewebe unterscheidet sich dadurch, dass es weniger dicht und fest gewebt ist, als die eigentliche Cutis, und dass es unregelmässige rhomboidische Räume enthält, in welchen Fettzellen angesammelt sind.

Auf der Grenze zwischen der eigentlichen Cutis und dem subcutanen Bindegewebe liegen die Schweissdrüsen. Sie sind einfache tubulöse Drüsen, indem sie aus einem einfachen, vielfach aufgeknäuelten Tubulus bestehen.

Derselbe geht in leichten Schwingungen durch das Bindegewebe der Cutis hindurch, geht dann in die Epidermis, macht in derselben korkzieherförmige Windungen und mündet, umgeben von einer trichterförmigen Einsenkung des Rete Malpighii aus. Der secernirende Schlauch besteht aus einer dünnen, festen Membrana propria und ist inwendig ausgekleidet mit einem Epithel, dessen Zellen zwar nicht ganz platt sind, nicht etwa so platt, wie die Zellen auf den serösen Häuten oder auf der Innenwand der Gefässe, aber doch meist noch so niedrig, dass sie zum Pflasterepithel gezählt werden können. Höher sind sie in den Schweissdrüsen der Vola manus und der Kopfhaut, so dass Krause sie hier schon zu den Cylinderzellen rechnet. Zwischen der Tunica propria und dem Epithel liegen bei vielen Schweissdrüsen, der Länge nach verlaufende Faserzellen, die für contractil gehalten werden. Nach Hörschelmann, der hiermit wohl zu weit geht, sind davon nur die der Scheitelhaut ausgenommen.

Der Schweiss ist eine sauer reagirende Flüssigkeit, welche um so weniger feste Bestandtheile enthält, je reichlicher sie abgesondert wird. Man hat in ihr die Salze gefunden, welche im ganzen Körper verbreitet sind, ausserdem aber Milchsäure und mehrere Säuren aus der Gruppe der fetten Säuren. Man hat sie aber nicht in hinreichender Menge abscheiden können, um ihre Diagnose völlig sicher zu stellen, sondern nach dem Geruche geurtheilt; so diagnosticirte man z. B. die Caprylsäure, welche den widerlichen Geruch nach Menschenschweiss hat. Weiter sind im Schweisse gefunden worden Harnstoff und Ammoniak. Harnstoff ist nicht immer gefunden worden, aber wenn kein Harnstoff gefunden worden ist, ist Ammoniak gefunden worden, was sich wohl so erklären lässt, dass Harnstoff als solcher in die Drüsen abgesondert worden ist, dass er aber nicht immer als solcher zum Vorschein kam, sondern, dass er sich manchmal vorher zersetzt hatte, und nur das Ammoniak, welches aus seiner Zersetzung hervorging, gefunden wurde. Ferner hat man im Schweisse eine eigene Säure gefunden, welche man mit dem Namen Hydrotsäure bezeichnet. Sie ist aber niemals rein dargestellt worden. Die Formel, welche man ihr zuschreibt, beruht auf der Analyse eines eingestandenermassen nicht reinen Silbersalzes. Dann hat man im Schweisse von Arthritikern Harnsäure gefunden, und endlich hat man noch eine dritte Substanz gefunden, welche an den Harn erinnert, nämlich das Indigo. Es war schon mehrmals blauer Schweiss beobachtet worden, und vor etwa 30 Jahren ist ein solcher von Bizio untersucht worden. Es hat sich gezeigt, dass die blaue Farbe von Indigo herrührte, und zwar von Indigo, der einen Bestandtheil des Schweisses ausmachte und ihm nicht etwa durch ein mit Indigo gefärbtes Kleidungsstück beigemischt war. Es wird also auch in den Schweissdrüsen normaler oder pathologischer Weise eine indigobildende Substanz abgesondert, sie wird durch die Säure des Schweisses gelegentlich zersetzt, und auf diese Weise entsteht dann das Indigo. Bekanntlich zeigt sich der Schweiss bei Sterbenden, manchmal auch bei Menschen, welche grosse Angst und Qualen ausstehen, in einzelnen klebrigen Tropfen, welche aus den Ausführungsgängen der Schweissdrüsen hervortreten, und welche nicht, wie dies gewöhnlich ist, saure, sondern alkalische Reaction haben sollen. Wie dieses Secret zu Stande kommt, kann man bis jetzt nicht sagen, es liegt nur die

Vermuthung nahe, dass es diejenige Flüssigkeit ist, welche den Schlauch im Zustande der Ruhe, im Zustande der Nichtsecretion ausfüllt, und welche unter besonderen Umständen aus dem Schlauche herausgetrieben wird. In neuerer Zeit sind auch Angaben gemacht worden, welche dahin lauten, dass der Schweiss, wenn er sehr reichlich abgesondert wird, namentlich wenn man ihn durch das bekannte schweisstreibende Mittel Jaborandi massenhaft hervorgerufen hat, nach kurzer Zeit nicht mehr sauer reagirt.

In der Achselhöhle liegt eine Art von Drüsen, welche man gewöhnlich als die grossen Schweissdrüsen der Achselhöhle bezeichnet. Sie haben einen viel stärkeren Schlauch und dabei eine grössere Anzahl von Windungen. Der Schlauch ist mit einem Cylinderepithel ausgekleidet; unter diesem liegt, sehr deutlich und stärker als bei den gewöhnlichen Schweissdrüsen, eine Längsschicht von Faserzellen, auf welche dann erst die Membrana propria des Drüsenschlauches folgt. Diese Drüsen haben allerdings mit den Schweissdrüsen den Bau gemein, sie sehen ihnen ähnlich, sie sind auch einfache geknäulte, tubulöse Drüsen, nur dass alles in viel grösseren Dimensionen ausgeführt ist: das Secret aber, welches sie absondern, ist offenbar chemisch vom Schweisse vollständig verschieden, wie dies schon diejenigen Eigenschaften zeigen, welche unmittelbar in die Sinne fallen. Sie bilden auch nicht die einzigen Schweissdrüsen der Achselhöhle, sondern neben ihnen kommen die kleinen gewöhnlichen Schweissdrüsen vor, wie sie sich an der übrigen Körperoberfläche finden.

Eine andere Art grosser, den Schweissdrüsen ähnlicher Drüsen führt den Namen der Circumanaldrüsen. Diese Drüsen bilden nach den Untersuchungen von Gay einen elliptischen Ring um den After herum, sie haben einen Kanal, der so weit und manchmal noch weiter ist, als der Kanal der grossen Schweissdrüsen in der Achselhöhle, sie haben, wie diese, ein Cylinderepithel und haben auch das sehr ausgeprägte Faserzellenlager, welches unter dem Epithel liegt. Diese Drüsen schliessen gegen den After hin die Region der Schweissdrüsen. Zwischen ihnen und der Afteröffnung kommen nur noch Talgdrüsen, und zwar Talgdrüsen von besonderer Grösse vor.

Glandulae caeruminales.

Nach dem Typus der Schweissdrüsen gebaut, aber in ihrem Secrete vollständig verschieden sind die Glandulae caeruminales, welche im äusseren Gehörgange liegen. Sie sehen auf den ersten Anblick so aus, wie Schweissdrüsen, sie sind ebenso in die Haut eingebettet, sie unterscheiden sich aber dadurch, dass sie wegen der Farbe ihres Secretes gelblich erscheinen. Sie gleichen den grossen Schweissdrüsen der Achselhöhle und den Circumanaldrüsen durch das stark entwickelte Faserzellenlager, sonst mehr den gewöhnlichen Schweissdrüsen, wie sie an der ganzen Oberfläche des Körpers verbreitet sind. Ihr Secret ist bekanntlich eine dickliche Emulsion, das Caerumen auris, das Ohrenschmalz.

Die Talgdrüsen.

(Glandulae sebaceae.)

Die Glandulae caeruminales bilden in Rücksicht auf ihr Secret den Uebergang zu den Talg- oder Schmerdrüsen, welche sich an der ganzen Hautoberfläche, mit Ausnahme der Vola manus und der Planta pedis finden. Da, wo Haare vorkommen, sind diese Talgdrüsen immer innig mit dem Haarbalge verbunden, indem sie neben demselben liegen und sich nicht frei an der Oberfläche der Haut, sondern in den Haarbalg öffnen. Sie sind acinöse Drüsen und bestehen aus einer bindegewebigen Membrana propria, welche mit einem polyedrischen Epithel ausgekleidet ist, dessen Zellen Fettkörnchen in sich ansammeln, sich abstossen und so das ganze Innere der Drüse ausfüllen. Das Secret besteht also theils aus abgestossenen Zellen, theils aus dem Fette, welches in diesen abgestossenen Zellen enthalten ist oder war, und aus Trümmern von solchen Zellen, welche zu Grunde gegangen sind. Dieses Secret ist das Hauttalg oder die Hautschmiere. Es besteht aus Eiweisskörpern, aus wahren Fetten und aus Cholesterin. An und für sich und unter normalen, unter physiologischen Verhältnissen ist es schwer, das Secret in grösserer Menge rein zu erhalten, weil man ja von der Hautoberfläche den Schweiss und das Hauttalg gemischt auffängt; aber es geschieht nicht selten, dass sich der Ausführungsgang einer solchen Drüse verstopft und dann ein Ding entsteht, welches, so lange es klein ist, den Namen eines Comedo führt und, wenn es grösser ist, sich in eine Balggeschwulst umwandelt, deren Balg gebildet wird von der ausgeplätteten Membrana propria der Talgdrüse, während der Inhalt der Geschwulst das nach und nach immer mehr angesammelte Secret der Drüse darstellt. Bei solchen Geschwülsten hat man nun Gelegenheit, dieses Secret in grösserer Menge zu untersuchen, und da findet man auch die Cholesterintäfelchen, welche sich zwischen den zelligen Elementen der zerstörten Drüse abgelagert haben.

Von der Cutis nach abwärts zu dem tieferen Theile der Haarbälge erstrecken sich kleine, aus contractilen Faserzellen gebildete Muskeln. Sie können den Haarbalg und mit ihm das Haar heben und aufrichten. Man nennt sie deshalb Arrectores pili. Diese Arrectores pili stehen zu den Talgdrüsen in einer eigenthümlichen Beziehung. Der Arrector pili erscheint auf Abbildungen gewöhnlich wie ein Strang, aber nur deshalb, weil er auf dem Durchschnitte abgebildet wird. In der That aber stellen die Muskeln der Haarbälge Lamellen dar, welche wie eine Schürze um die Talgdrüse herumgelegt sind, so dass sie sich nicht an einer Stelle, sondern ringsum am Haarbalge ansetzen und sich oben in der Cutis fächerförmig ausbreiten. Es liegen also die Talgdrüsen hier wie in einem Segel, und man kann sich wohl denken, dass, wenn sich diese Muskeln zusammenziehen, dabei zugleich auch ein Druck auf die Talgdrüsen ausgeübt wird, so dass das Secret derselben durch diesen Druck mechanisch ausgetrieben werden kann. Haare und Talgdrüsen stehen aber nicht immer in demselben Verhältnisse, wie es sich beim Haupthaare findet. An der Nase z. B. sind die Talgdrüsen ausserordentlich gross, die Haare dagegen sehr klein, so dass man hier nicht die Talgdrüse in den Haarbalg hineinmünden sieht, sondern im Gegentheile eine ungeheure Talgdrüse,

die mit ihrem Ausführungsgange frei an der Oberfläche ausmündet, und in der Wand des Ausführungsganges eine eigene kleine Tasche, die den Haarbalg des kleinen Haares bildet. Manchmal ist auch ein Haar unten abgestorben, und, obgleich es nicht ausgefallen, doch durch ein neues ersetzt worden, so dass zwei nebeneinander in einer solchen Talgdrüse stecken. Endlich kommen auch Talgdrüsen vor an Orten, an denen gar keine Haare sind. Das ist zunächst an den kleinen weiblichen Schamlippen und an der Innenseite der grossen der Fall. Hier kommen verhältnissmässig grosse Talgdrüsen vor, ohne dass sie mit Haaren in Beziehung stehen. Ebenso kommen sie vor auf der Innenfläche des Praeputiums und in der Falte, welche vom Praeputium gegen die Corona glandis hin liegt. Es wurden auch auf der Corona glandis eigene Talgdrüsen beschrieben, die sogenannten Glandulae Tysonianae. Diese sind aber, wie schon Gustav Simon vor beiläufig 40 Jahren nachgewiesen hat, keine Drüsen, sondern es ist eine Reihe von papillenartigen Hervorragungen, welche Tyson für Drüsen hielt. Strittig ist es, ob sich auf der Glans penis Talgdrüsen befinden oder nicht. Es ist das eine Frage, welche der Infectionen wegen eine praktische Wichtigkeit hat. Es werden noch in neuerer Zeit auf der Glans penis kleine Drüsen beschrieben, welche vereinzelt vorkommen sollen und im Ganzen den Typus der Talgdrüsen haben, nur dass sie noch einfacher gebaut sind und aus einem einfachen kolbigen Gebilde bestehen sollen. Es ist hier zu wiederholten Malen nach diesen Drüsen gesucht worden, es ist aber niemals etwas gefunden worden, und ich kann nicht sagen, dass ich auf der Glans penis im engeren Sinne des Wortes, d. h. auf ihrer convexen Oberfläche jemals irgend eine Drüse gesehen hätte. Es mögen aber diese Drüsen, wie manche andere Bildung, inconstant sein und in einzelnen, wenn auch nicht gerade sehr häufigen Fällen vorkommen.

Meibom'sche Drüsen.

An die Talgdrüsen schliessen sich die Meibom'schen Drüsen der Augenlider, welche im Tarsus eingebettet sind. Sie stellen den Typus acinöser Drüsen im botanischen Sinne des Wortes reiner dar als irgend welche andere Drüse. Sie haben einen gestreckten Ausführungsgang, in welchen die einzelnen Ausführungsgänge münden, die von den ringsum sitzenden Acinis kommen. Die Acini ihrerseits sind ausgekleidet und angefüllt mit polyedrischen Zellen, welche in ihrem Innern Fettkügelchen ansammeln. So entsteht ein emulsionartiges Secret, welches unter dem Namen der Augenbutter bekannt ist. Die Meibom'schen Drüsen münden mit ihrem Ausführungsgange am inneren Rande des Augenlides, während die Talgdrüsen in die Haarbälge der Cilien einmünden, welche am äusseren Rande der Augenlider stehen.

Die Respiration.

Wir haben früher gesehen, dass nur bei verhältnissmässig kleinen Organismen der Sauerstoff, welcher für den Stoffwechsel nöthig war, von der Oberfläche aufgenommen werden konnte. Nur bei sehr kleinen,

oder bei etwas grösseren dann, wenn der Stoffwechsel sehr langsam ist, genügt hiefür die äussere Oberfläche. Wenn die Organismen grösser sind, oder wenn der Stoffwechsel rascher von statten gehen soll, muss der Sauerstoff den Organen durch Röhren (Tracheen) zugeführt werden, oder es existirt eine local vermehrte Oberfläche, zu welcher die Blutgefässe hingehen. Diese local vermehrte Oberfläche kann entweder nach aussen ausgestülpt sein, dann nennt man sie eine Kieme, oder sie kann nach innen eingestülpt sein, und dann nennt man sie eine Lunge. Nach aussen ausgestülpt kann sie sein da, wo der Sauerstoff geathmet wird, welcher im Wasser aufgelöst ist; wo aber der Sauerstoff der atmosphärischen Luft direct geathmet wird, kann diese Oberfläche nicht nach aussen ausgestülpt sein, weil sie dann zu sehr der Verdunstung ausgesetzt wäre; da ist sie nach innen eingestülpt, und deshalb haben die in der Luft lebenden Thiere Tracheen oder Lungen.

Die einfachste Form einer Lunge ist ein nach innen eingestülpter Sack, auf dessen innerer Oberfläche sich Blutgefässe verbreiten. Eine weitere Vermehrung der Oberfläche besteht darin, dass dieser Sack wieder wandständige Unterabtheilungen hat, welche man mit dem Namen der Parietalzellen bezeichnet. Eine solche Lunge ist z. B. die Lunge des Frosches. Diese Parietalzellen können nun in sich wieder kleinere Parietalzellen tragen, wodurch natürlich eine noch grössere Vermehrung der Oberfläche erzielt wird. Dergleichen Bildungen kommen vielfach bei den Reptilien vor, aber nicht immer gleichmässig in allen Theilen der Lunge. Die Parietalzellen verbreiten sich z. B. bei den Schlangen und Chamäleonen nicht über die ganze Lunge, sondern ein Theil der Lunge ist glatt, so dass er nur als ein Sack, als ein Luftreservoir dient, während ein anderer Theil der Lunge mit Parietalzellen erster und zweiter Ordnung versehen ist. Den Amphibien- und Reptilienlungen ist noch gemeinsam, dass sie bei einer mässigen Vermehrung der Oberfläche eine bedeutende Capacität haben. Sie verbrauchen deshalb den Sauerstoff der Luft, mit der sie sich angefüllt haben, dem geringeren Sauerstoffbedürfniss entsprechend, nur langsam. Darauf zum Theile beruht es, dass diese Thiere längere Zeit unter Wasser bleiben können, ohne den Sauerstoff in ihren Lungen zu erneuern. Anders verhält es sich bei den Säugethieren und bei den Vögeln, wo die Oberfläche der Lunge, im Verhältnisse zu ihrer Capacität, zu der Menge von Luft, welche sie aufnehmen kann, viel grösser ist. Hier wird der Sauerstoff der Luft viel rascher verbraucht.

Die Luftwege der Säugethiere und des Menschen.

Um sich eine Vorstellung von der Lunge der Säugethiere und Vögel zu machen, können Sie sich vorstellen, dass Sie einen vielfach verzweigten Baum haben, das ist der Baum der Luftröhre mit den Bronchien als Aesten, und dass an den Endästen dieses Baumes lauter kleine Amphibienlungen hängen; sie stellen das dar, was man in der Anatomie die Infundibula der Lunge nennt. Der Name Infundibulum trifft eigentlich nur ein Stück dieser Gebilde und rührt von einer trichterförmigen Erweiterung her, durch welche die letzten Enden der Bronchien in die an ihnen hängenden Gruppen von Lungenbläschen übergehen,

welche eben das Analogon einer Amphibienlunge darstellen, indem sie, zwar durch trennende Seitenwände von einander geschieden, doch durch einen gemeinsamen Centralraum mit einander communiciren. Bei den Vögeln communiciren alle diese Infundibula wieder unter einander, so dass man von einer Stelle der Lunge aus die ganze Lunge aufblasen kann, bei den Säugethieren und beim Menschen ist dies nicht der Fall; es kommen zwar Communicationen zwischen neben einander liegenden Infundibulis vor, namentlich im späteren Alter, aber im Allgemeinen kann man von einem kleinen Luftgefässe aus immer nur ein Lungenläppchen injiciren. Ausgekleidet sind die Luftwege, so weit der verzweigte Baum, also das eigentliche Luftröhrensystem, das Bronchialsystem, reicht, mit einem Flimmerepithel. Dasselbe fängt im Kehlkopfe an, wo nur die wahren Stimmbänder statt des Flimmerepithels ein geschichtetes Pflasterepithel haben, wie es sich überhaupt zeigt, dass an denjenigen Theilen, die starken Reibungen ausgesetzt sind, sich kein Flimmerepithel erhält, vielmehr dem widerstandsfähigeren Pflasterepithelium Platz macht. Das Flimmerepithel geht durch die Trachea in die Bronchien hinein als ein sogenanntes geschichtetes Flimmerepithel. Wir haben früher gesehen, dass diese geschichteten Flimmerepithelien, wie überhaupt die geschichteten Cylinderepithelien, eigentlich nicht im wahren Sinne des Wortes geschichtet sind, weil alle Zellen, auch diejenigen, welche an der Oberfläche liegen, in der Tiefe wurzeln. Später in den engeren Luftwegen wird es ein einfaches Flimmerepithel, ein einfaches Cylinderepithel mit Flimmern, und geht, wie Biesiadecki nachgewiesen hat, bis in die allerkleinsten Bronchien und bis an ihre äusserste Grenze. In den Lungenbläschen, den Alveolen, den Unterabtheilungen der Infundibula, findet sich kein Flimmerepithel mehr, sondern ein einfaches, sehr flaches Pflasterepithel, ein Plattenepithel. Es kleidet die Alveolen vollständig aus, aber die Kerne der Zellen liegen immer in den Zwischenräumen, in den Maschen der Capillaren, während die Platte der Zelle, der flachgedrückte Zellenleib, über das prominirende Capillargefäss herüberreicht und so die Decke über demselben vervollständigt. Kölliker fand bei einem 23jährigen Hingerichteten schon in den letzten Bronchiolis Pflasterepithel.

Die Luftröhre besteht bekanntlich aus hufeisenförmigen Knorpeln, deren Perichondrium Bestandtheil einer starken fibrösen Haut ist, welche mit den Knorpeln zusammen die Trachea nach vorn und nach den Seiten begrenzt. Nach innen davon liegt die Schleimhaut der Trachea, welche einen vollständigen röhrenförmigen Schlauch bildet und nach hinten, da, wo sich keine Knorpeln befinden, von einem mit Bindegewebe durchwebten Muskellager überdeckt wird. Dieses Muskellager besteht zunächst aus quer verlaufenden contractilen Faserzellen, welche von dem einen Ende des Luftröhrenknorpels zum andern Ende desselben herübergespannt sind, und zweitens aus längs- und schiefverlaufenden Fasern, welche sich theils an einer sie überkleidenden fibrösen Hülle, welche an der Rückwand der Trachea gegen den Oesophagus hin gewendet liegt, anheften, theils aber auch an die Enden der Knorpel.

Die Schleimhaut der Trachea hat eine grosse Menge von Schleimdrüsen, deren Körper nicht ganz in der Schleimhaut liegen, die aber mit ihrem Ausführungsgange die Schleimhaut durchbohren. Die grossen

Drüsen in der Rückseite durchbohren mit ihrem Körper das ganze Muskellager, so dass ein Theil desselben im Bindegewebe vor den Muskelfasern und ein Theil desselben in den Muskelfasern und selbst noch nach hinten von den queren Muskelfasern liegt. Diese Schleimdrüsen, welche auch in den grösseren Bronchien gefunden werden, sind wesentlich ebenso gebaut, wie die Schleimdrüsen, welche wir in der Mundhöhle und im Oesophagus kennen gelernt haben. Auch die Schleimdrüsen, welche im Kehlkopf so zahlreich vorkommen, haben denselben Bau.

Die Architektur der Trachea setzt sich im Allgemeinen und mit denselben Schichten in die Bronchien fort, nur dass die Knorpelringe in den engeren Bronchien vertreten sind durch kleinere Knorpelplatten, welche in der bindegewebigen, in der fibrösen Wand derselben liegen. Nach innen davon liegt ein ringförmiges Muskellager und dann die Schleimhaut mit ihrem Flimmerepithel. So geht der Bau fort bis zu den Bronchien von 1 Mm. Durchmesser und selbst noch darunter; dann aber hören die Knorpelplättchen auf, man hat nur noch eine fibröse Hülle und unmittelbar derselben anliegend Muskelfasern und zartes Bindegewebe, welches mit dem darauf sitzenden Flimmerepithelium die Schleimhaut repräsentirt. Man liess sonst die Muskelfasern mit dem Bronchialsystem aufhören; Moleschott hat aber nachgewiesen, dass sich auch zwischen den Alveolen noch Muskelfasern befinden. Man kann sich leicht von der Richtigkeit dieser Angabe überzeugen, nur muss man sich nicht vorstellen, dass jede einzelne Alveole etwa ihren eigenen Mantel von Muskelfasern hätte, wie jeder einzelne Bronchus seine Ringfaserhaut von Muskelfasern hat. Diese Muskelfasern sind eingestreut in das Bindegewebe, welches die einzelnen Infundibula von einander trennt und sich zwischen die einzelnen Alveolen einsenkt.

Vermöge der grossen Menge von Muskelfasern, welche in dieser Weise in der Lunge enthalten sind, ist die Lunge nicht allein elastisch, sondern sie ist auch contractil, und die contractilen Elemente unterstützen die elastischen. Wenn Sie den Thorax einer Leiche öffnen, so finden Sie, dass die Lunge zwar zusammenfällt, dass sie aber noch lufthaltig bleibt und auf dem Wasser schwimmt. Wenn Sie aber einem lebenden Thiere eine Oeffnung in den Thorax machen, ihm einen Pneumothorax erzeugen, so zieht sich die Lunge zu einer compacten Masse zusammen, und wenn Sie hinterher das Thier tödten und ein Stück dieser Lunge ins Wasser werfen, so geht es darin unter. Das ist Folge der Contractilität der lebenden Lunge, Folge der Contraction der Muskelfasern. Dasselbe beobachtet man in pathologischen Fällen. Man beobachtet bei Pneumothorax und auch bei reichlichem Exsudat in der Pleurahöhle, dass sich die Lunge zu einer faustgrossen, an der Lungenwurzel liegenden Masse zusammenzieht.

Die Gefässe der Lunge sind bekanntlich, wie die Gefässe der Leber, zweierlei, erstens die Aeste und Capillaren der Bronchialgefässe und zweitens die Aeste und Capillaren der Lungengefässe. Nur ist hier der Unterschied, dass die Capillargefässsysteme vollständiger von einander getrennt sind, als dies bei der Leber der Fall ist, indem die Bronchialgefässe zur Ernährung der Lungen dienen, während andererseits die Lungengefässe dazu dienen, das Blut an die respirirende Oberfläche, an die Oberfläche der Alveolen zu bringen. Hier liegt das reiche und dichte

Netzwerk von Capillaren unmittelbar unter der Oberfläche, so dass die einzelnen Capillargefässe gegen die Höhle der Alveolen hin wie ein Gitterwerk vorspringen. Sie sind aber noch überkleidet von einem feinen Stroma und von dem sehr dünnen Epithel, welches über sie hingeht. Die übrige Wand des Alveolus besteht aus Bindegewebe, welches zugleich als Stroma der Gefässe dient, und aus einem elastischen Fasernetze, welches man sichtbar machen kann, wenn man einen Schnitt von der Lunge unter dem Mikroskope mit verdünnter Natronlauge behandelt.

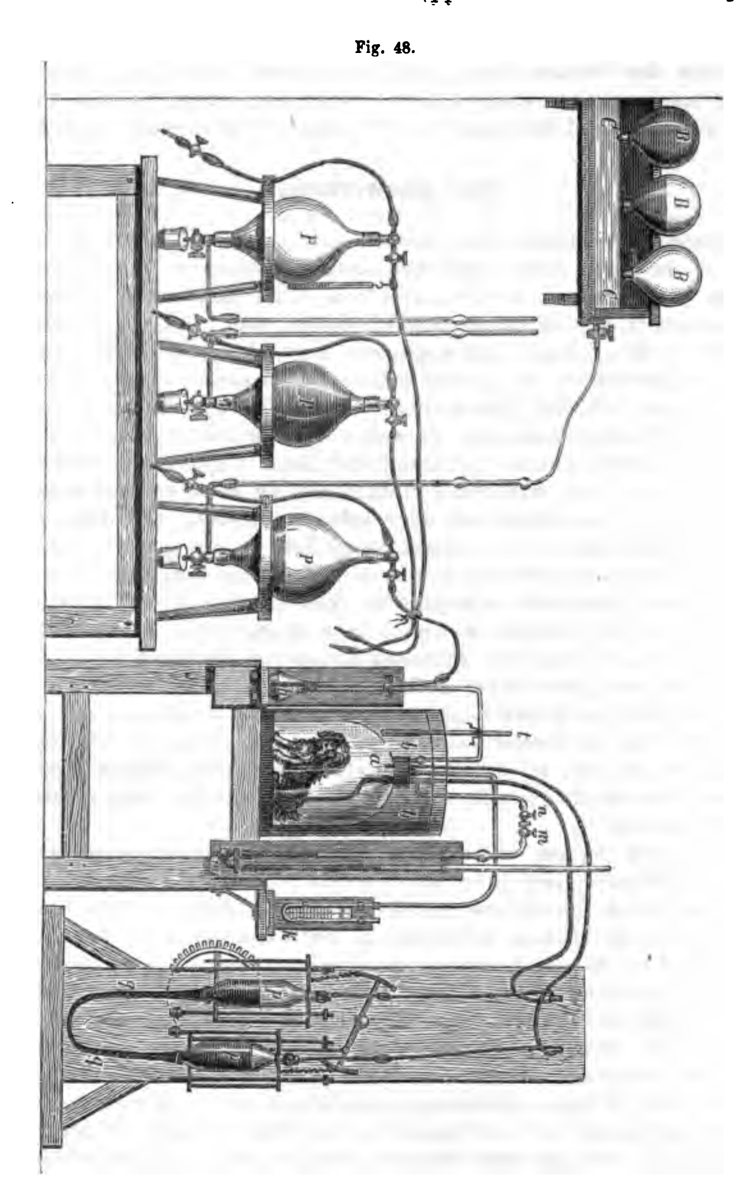
Der Gaswechsel.

Bekanntlich besteht der Gasaustausch in den Lungen darin, dass Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufgenommen wird, und dass dafür in den Lungen Kohlensäure vom Blute abdunstet. Ueber die Mengenverhältnisse, in denen dies geschieht, und darüber, ob zugleich Stickstoff in den Lungen aufgenommen wird, oder Stickstoff durch die Lungen ausgeschieden wird, sind zahlreiche Versuche angestellt worden. Man bediente sich bei den älteren Versuchen sogenannter Athmungspfeifen oder Athmungsmasken. Es waren das Vorrichtungen, bei welchen Röhren mit zwei Ventilen an Mund und Nase angepresst wurden. Das eine Ventil ging auf, wenn man einathmete, da athmete man atmosphärische Luft ein, es schloss sich aber beim Ausathmen, und dann öffnete sich das andere Ventil: die ausgeblasene Luft wurde so in einen Recipienten entleert und hinterher untersucht. Trotz der Sorgfalt, mit welcher diese Versuche angestellt worden sind, kamen sehr grosse Fehler dabei vor, und man fand Dinge, welche man sich gar nicht zusammenreimen konnte. Man fand, dass eine so grosse Menge von Stickstoff ausgeschieden wurde, dass, wenn man diese addirte zu dem Stickstoff, welcher mit den Faeces und mit dem Harne fortging, dann eine Summe herauskam, welche grösser war, als die Menge des Stickstoffs, welche man mit der Nahrung einnahm; so dass die Hypothese aufgestellt wurde, die Menge des Stickstoffs, die hier fehlte, würde mit dem Speichel aus der atmosphärischen Luft verschluckt.

Die erste Arbeit, in welcher man mit vollkommeneren Vorrichtungen zu Werke ging, war die von Regnault und Reiset. Diese gingen vor allem darauf aus, ein Thier längere Zeit in einer und derselben Luftmenge athmen zu lassen, in der Weise, dass sie die gebildete Kohlensäure aus diesem Luftquantum abführten und gleichzeitig den verbrauchten Sauerstoff durch Zufuhr an reinem Sauerstoff ersetzten. Der Apparat (Fig. 48) besteht aus folgenden Theilen: Erstens aus einer Glasglocke *(a)*, unter der das Thier sitzt. Es sitzt auf einem Brette, um gegen die Abkühlung durch den Metallboden geschützt zu sein. Die Glasglocke ist in einen Metallring eingekittet, und in diesen Ring passt luftdicht von unten her ein Boden, der mit Riegeln darin befestigt wird. Die Glasglocke steht in einem Cylinder *(b b)*, welcher in denselben Metallring eingekittet ist. Der Cylinder ist mit Wasser gefüllt, das die Glocke umspült, und durch welches man die Temperatur regulirt, in welcher das Thier lebt. Zu diesem Zwecke hängt darin das Thermometer *(t)*. Aus der Glasglocke gehen zwei Röhren heraus, wovon die eine bis nahe an den Boden des Gefässes heruntergeht, die andere in den oberen Theil

des Gefässes mündet. Diese Röhren stehen in Verbindung mit Kautschukschläuchen und diese in Verbindung mit Pipetten *(pp)*, welche wieder unter einander durch ein Kautschukrohr *(qq)* verbunden sind. Die Pipetten

Fig. 48.



und das sie verbindende Rohr enthalten Kalilauge, und sie werden durch ein Uhrwerk so bewegt, dass, wenn die eine Pipette aufsteigt, die andere heruntergeht und umgekehrt. Begreiflicher Weise entleert sich aus der aufsteigenden Pipette die Kalilauge, und es tritt Luft ein, während die Luft

n der absteigenden Pipette durch die eindringende Kalilauge vertrieben vird. Die Luft, die hier eindringt und herausgeht, wird fortwährend ;eschöpft aus der Glasglocke, das eine Mal aus dem unteren Theile ınd das andere Mal aus dem oberen Theile. Wenn sie in der Pipette ;ewesen und durch das Kali von Kohlensäure befreit ist, wird sie durch lie eindringende Kalilauge wieder herausgetrieben und wieder in die Hlasglocke zurückgesendet. Die hier absorbirte Kohlensäure wird durch Sauerstoff ersetzt, der der Glasglocke zugeführt wird. Dieser Sauerstoff)efindet sich in grossen geaichten Pipetten *(PPP)*; er wird aus den- ıelben ausgetrieben durch concentrirte Chlorcalciumlösung, und damit liese immer unter den gleichen Drucke wirken könne, fliesst sie zu aus ;inem Bassin mit Chlorcalciumlösung *(CC)*, in welchem ein näherungsweise constantes Niveau dadurch hergestellt ist, dass mehrere Ballons, welche mit Chlorcalciumlösung gefüllt sind, umgestürzt sind, so dass sie mit ihren unteren Enden in die Chlorcalciumlösung hineinragen. Die drei Ballons ragen nicht genau, aber nahezu gleich tief hinab. Wenn nun die Lösung abfliesst, so wird zuerst die Sperrung aufgehoben für denjenigen Ballon, welcher am wenigsten tief hinabragt. Aus diesem läuft dann, indem Luftblasen hineinsteigen, Chlorcalciumlösung nach. Das dauert so lange, bis der Ballon leer ist, dann sinkt das Niveau so weit, dass auch der zweite Ballon mit seiner Oeffnung frei wird und in Folge davon die Flüssigkeit aus ihm abfliesst; dann kommt ebenso der dritte an die Reihe. Unterdessen kann man den ersten und zweiten wieder füllen und umstürzen, so dass auf diese Weise nur geringe Aenderungen in dem Niveau der Flüssigkeit stattfinden. Das Sauerstoffgas geht durch eine Waschflasche *(h)*, und aus dieser tritt es durch die abgebildete Röhrenleitung in die Glasglocke *(a)*. Wenn eine Pipette voll Chlorcalciumlösung, also leer von Sauerstoffgas ist, wird sie durch eine neue ersetzt, und die Anzahl der verbrauchten Pipetten gibt die Menge des Sauerstoffs an, welche man zugeleitet hat. Eine Röhre aus einer besonderen Tubulatur im Stopfen der Glasglocke geht zu einem offenen Quecksilbermanometer *(k)*. An diesem erkennt man den Druck, unter dem das Thier athmet, und man kann ihn durch Regulierung des Sauerstoffzuflusses constant und dem atmosphärischen nahezu gleich erhalten.

Durch diesen Apparat war es möglich, ein Thier dem Versuche längere Zeit zu unterwerfen und hinterher das Resultat der Respiration zu ermitteln. Die Menge der Kohlensäure wurde bestimmt, indem man vorher eine Probe von der Kalilösung genommen und die procentische Menge der Kohlensäure untersucht hatte, welche darin enthalten war. Nach dem Versuche wurde wieder eine Probe von der Kalilösung genommen und wieder die Menge der Kohlensäure untersucht, welche darin enthalten war. Aus der so gefundenen Differenz und aus der Menge ler angewendeten Kalilösung liess sich die ganze Menge der absorbirten Kohlensäure berechnen. Die Menge des zugeleiteten Sauerstoffs war, wie)ben erwähnt, direct bestimmt worden. Es handelte sich also nur noch ım die Analyse der Luft, welche am Ende des Versuches in der Glasglocke enthalten war, und ihre Abweichung von der Zusammensetzung ler atmosphärischen. Hier musste es sich zeigen, ob noch der ganze Stickstoff darin enthalten war, ob mehr oder weniger, ferner ob andere fremdartige Gase ausgeschieden worden waren. Regnault und Reiset

fanden, dass die Luft am Ende des Versuches keine fremdartigen Gase enthielt, oder wenigstens nur in Spuren, welche für den messenden Versuch gar nicht in Betracht kamen. Es handelte sich also um die Analyse eines Gemenges von Kohlensäure, Sauerstoffgas und Stickgas.

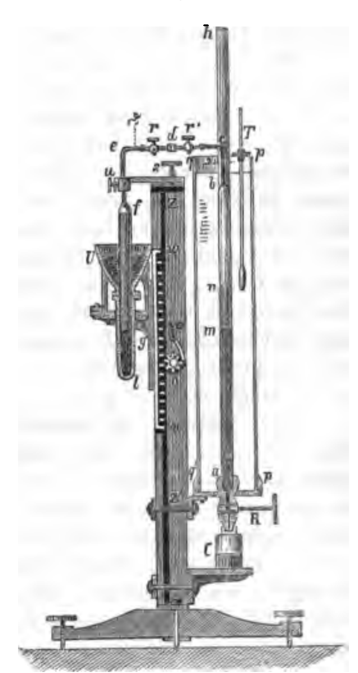
Wenn man ein Gasgemenge zu analysiren hat, das aus Kohlensäure, Sauerstoff und Stickgas besteht, so pflegt man so zu Werke zu gehen, dass man eine ihrem Volumen nach eingetheilte Röhre in einem Gefässe mit Quecksilber umstürzt. In diese Röhre bringt man das Gas hinein, indem man die Röhre etwas hebt und es unter dem Quecksilber eintreten lässt. Man hebt oder senkt dann die Röhre so lange, bis das äussere und das innere Niveau gleich stehen und liest das Volumen ab. Man bringt dann von unten her an einem Draht eine Kugel aus Kali durch das Quecksilber in die Röhre, damit die Kohlensäure absorbirt werde, entfernt später die Kalikugel wieder, setzt wieder das äussere und innere Niveau ins Gleiche und liest wieder das Volumen des Gases ab. Was davon verschwunden ist, war Kohlensäure. Hierauf lässt man in die Röhre eine Quantität Wasserstoffgas hinein, welche dem Volumen nach wenigstens doppelt so gross ist als diejenige Menge von Sauerstoff, welche möglicher Weise darin enthalten sein kann und bestimmt wieder durch Gleichmachen des äusseren und inneren Quecksilberniveaus das Volumen des Gasgemenges. Oben in der Röhre befinden sich zwei Platindrähte, welche das Glas durchbohren. Mittelst dieser lässt man durch das Gasgemenge einen electrischen Funken durchschlagen. Ein Maass Sauerstoff und zwei Maass Wasserstoffgas verbinden sich zu Wasser. Man macht wiederum das äussere und innere Quecksilberniveau gleich und misst wiederum das Volum. Ein Drittheil des bei der Verpuffung verschwundenen Gasvolums bestand aus Sauerstoffgas. So hat man auch die Menge des Sauerstoffes gefunden. Der Rest, der in der Röhre zurückgeblieben, besteht aus Stickgas plus dem Wasserstoffgas, welches sich nicht mit Sauerstoff zu Wasser verbunden hat. Das Stickgas findet man, indem man von dem ursprünglichen Gasvolum das gefundene Volum der Kohlensäure und des Sauerstoffes abzieht. Dieses Verfahren ist namentlich durch Bunsen ausserordentlich vervollkommt, und durch eine Menge sinnreicher Vorsichtsmassregeln zu einem hohen Grade von Genauigkeit gebracht worden, so dass man sich jetzt gewöhnlich bei Gasanalysen des Bunsen'schen Verfahrens und der Bunsen'schen Einrichtungen bedient.

Regnault hat bei seinen Untersuchungen einen andern Weg eingeschlagen. Es kam ihm wesentlich darauf an, eine grössere Menge von Gasanalysen in einer verhältnissmässig kurzen Zeit beendigen zu können. Nach dem Mariotte'schen Gesetze verhalten sich die Volumina der Gase umgekehrt proportional dem Drucke. Während wir also bei dem gewöhnlichen Verfahren die Volumina der Gase messen unter einem und demselben Drucke, kann man umgekehrt die Drucke messen, welche nothwendig sind, um dem Gase immer wieder dasselbe Volumen zu geben, und das ist der Weg, den Regnault betreten hat. Sein Apparat (Fig. 49) besteht aus zwei Theilen, wovon der eine zum Messen dient, der andere theils zur Absorption der Kohlensäure, theils zum Zuführen des Wasserstoffgases, welches er später zum Verpuffen braucht. Es handelte sich darum das Gas zu analysiren, welches am Ende des Versuches in der Glasglocke (Fig. 48 *a*) enthalten war. Zu dem Ende wird der Messapparat

(Fig. 48 $m\,m_{,}$, Fig. 49 $h\,r'\,m\,R$) von dem übrigen Gestelle getrennt; er wird mittelst einer bei Fig. 48 *m* befindlichen Tubulatur mit dem Respirationsapparate in Zusammenhang gebracht. An ihr befindet sich ein Conus, der in einen Hohlkegel der Tubulatur *(n)* eingeschliffen ist und durch eine Verschraubung hineingepresst wird, so dass beide Stücke luftdicht mit einander verbunden sind.

Der Messapparat (Fig. 48 $m\,m_{,}$) besteht aus einem U-förmig umgebogenen Rohre, das an seiner tiefsten Stelle einen Hahn $(m_{,})$ hat, durch den man den Inhalt ganz oder theilweise entleeren kann. Ehe er mit dem Respirationsapparate verbunden wird, füllt man ihn vollständig mit Quecksilber, so dass sich auch bei *m* keine Luft befindet. Nachdem er luftdicht mit der Tubulatur *(n)* verschraubt ist, lässt man, indem man den Hahn $m_{,}$ öffnet, einen Theil des Quecksilbers auslaufen. Dadurch wird ein Theil der Luft aus der Glocke *(a)* in den Messapparat hinübergeleitet, indem der Druck in der Röhre vermindert wird und unter den Druck sinkt, welcher in der Glocke herrscht. Wenn man eine zur Analyse genügende Menge hinübergeleitet hat, schliesst man den Hahn $m_{,}$ und die Hähne *n* und *m*, trennt den Messapparat vom Respirationsapparate und bringt ihn dann wieder mit den übrigen Theilen des zur Gasanalyse dienenden Apparates in Verbindung.

Fig. 49.



Wir sehen diesen Apparat in Fig. 49 nach einer in Regnault's Cours élémentaire de Chimie gegebenen Abbildung. Er ist im Durchschnitte dargestellt und die beiden Schenkel des Messapparates stehen so, dass sie sich einander decken. Der Hahn *r'* ist der Hahn *m* in Fig. 48 und der Hahn *R* ist der Hahn $m_{,}$ in Fig. 48. Das Gestell *(Z Z')*, auf dem das Ganze befestigt ist, ist von Eisen, und *U l* ist eine gusseiserne Quecksilberwanne, die mittelst eines mit einer Sperrvorrichtung *(k)* versehenen Triebes *(o)* und der Zahnstange *(w v)* auf- und abbewegt werden kann. In das Quecksilber taucht eine cylinderförmige Glasglocke *(fg)*, von welcher das Rohr *(f e d)* ausgeht, durch welches sie mittelst der Verschraubung *(d)* ganz ebenso mit dem Messapparate verbunden wird, wie dieser früher mit dem Respirationsapparate (Fig. 48) verbunden war. Glocke und Röhre sind vollständig mit Quecksilber gefüllt.

Es handelt sich nun zunächst darum, die gewonnene Gasprobe bei einem bestimmten Drucke und bei einer bestimmten Temperatur zu messen. Die Temperatur ergibt sich aus dem Stande des Thermometers *T*, welches in das die Gasprobe umgebende Wasser in dem Cylinder *(p p q q')*, eingesenkt ist.

Der nächstliegende Gedanke ist, das Gas vor der Messung zu trocknen. Da man aber die Menge des darin enthaltenen Wassers in unserem Falle nicht bestimmen will, so kann man diese peinliche Arbeit umgehen, wenn man es absolut feucht misst und die Spannung des Wasserdampfes für die gegebene Temperatur in Rechnung bringt. Regnault zog es deshalb vor, das Gas ein für alle Mal mit Wasserdampf zu sättigen und das erreichte er, indem er die Röhre, noch ehe sie mit Quecksilber gefüllt wurde, inwendig bethaute. Es blieb an ihrer Wand so viel Feuchtigkeit hängen, dass das hineingeführte Gas, welches ohnehin einen hohen Grad von Feuchtigkeit hatte, mit Wasserdampf gesättigt wurde. Wir wollen die Spannung des Wasserdampfes, die der Versuchstemperatur (t) entspricht, mit f bezeichnen; dann handelt es sich noch darum, für irgend ein Volum der Gasprobe den dazu gehörigen Druck zu bestimmen. Beide Werthe sind reciprok, je höher ich den Druck steigere, um so kleiner wird das Volumen und umgekehrt: wenn ein Bruchtheil des Gases verschwindet, so verschwindet bei gleichem Volumen ebenso viel in Procenten vom Druck, als bei gleichem Drucke in Procenten vom Volumen verschwunden wäre.

Es wird, nachdem die Hähne r und r' geöffnet sind, nun durch Herablassen des Quecksilberreservoirs das Gas so weit herübergezogen, bis es an eine kleine Marke kommt, welche in der Figur mit ϑ, bezeichnet ist. Dann wird bei h so viel Quecksilber nachgefüllt, dass es im Schenkel $a\,c$ bis zu der willkürlich bestimmten Höhe m steigt. Wenn dieses erreicht ist, wird die Niveaudifferenz (Fig. 49 $m\,n$) der beiden Quecksilbersäulen mittelst eines Fernrohres gemessen und die Barometerhöhe hinzuaddirt. Wir haben die Spannung des Gases, das heisst denjenigen Druck, der beim actuellen Volum der Spannung des Gases das Gleichgewicht hält, gleich der Differenz der Quecksilberhöhen (h) mehr der Barometerhöhe (H) weniger der Tension (f) des Wasserdampfes bei der Temperatur, welche das Thermometer in der umgebenden Flüssigkeit anzeigt, also $H + h - f$.

Die Messung ist vollendet. Man lässt jetzt Quecksilber aus dem Hahn R in die Flasche C auslaufen, um alles Gas, so wie eine Quecksilbersäule in das Rohr $r'\,c\,b$ übertreten zu lassen. Darauf schliesst man den Hahn r' und den Hahn r. Man löst dann die Verbindung bei d, hebt, indem man auch die Klemme u löst, die Glocke $g\,f\,e\,d$ und lässt mittelst einer gekrümmten Pipette eine kleine Menge concentrirter Kalilösung in sie eintreten. Man stellt die Verbindung bei d wieder her, man senkt die Quecksilberwanne mittelst der Kurbel, man giesst mehr Quecksilber in die Röhre h und man öffnet die Hähne r und r'. Das Gas fliesst dann in die Glocke $f\,g$ hinüber, und die Kalilösung benetzt ihre Wände und bietet so eine grosse Oberfläche für die Absorption der Kohlensäure dar.

Wenn alles Gas herüber ist und das nachfolgende Quecksilber in dem Rohre $e\,f$ nach abwärts steigt, schliesst man den Hahn r. Man wartet einige Minuten, um der Absorption Zeit zu gönnen, darauf lässt man das Gas den Rückweg in den Messapparat antreten, indem man die Quecksilberwanne $U\,l$ mittelst der Kurbel o hebt und durch Oeffnen des Hahnes R Quecksilber in die Flasche C abfliessen lässt. Hierauf schliesst man den Hahn R, füllt bei h Quecksilber nach und senkt

die Wanne Ul wieder. Die Wand der Glocke fg bedeckt sich mit einer neuen Schicht von Kalilösung, mit welcher das Gas wieder in Berührung kommt. Nach einigen Minuten leitet man es wie früher zurück. Diese Procedur wiederholt man der grösseren Sicherheit halber noch ein- oder zweimal. Indessen ist das Gas in der Regel schon nach der zweiten Absorption kohlensäurefrei.

Man leitet also schliesslich das Gas in den Messapparat zurück und schliesst den Hahn r in dem Momente, wo das nachfolgende Quecksilber bei der Marke ϑ, ankommt. Man bringt das Quecksilberniveau in der Röhre $a\,b\,c$ auf m, misst dann die Differenz des Quecksilberniveaus in den beiden Schenkeln, sie sei h', und liest den atmosphärischen Druck am Barometer ab, er sei jetzt H'. Wir setzen voraus, dass die Temperatur des Wassers im Cylinder $q\,q'\,p\,p'$ bei der zweiten Messung dieselbe war, wie bei der ersten — eine Differenz hätte sich leicht ausgleichen lassen — dann haben wir die Spannung des Gases nach Entfernung der Kohlensäure $= H' + h' - f$. Die Verminderung derselben ist also

$$(H + h - f) - (H' + h' - f) = H - H' + h - h'.$$

Der Bruchtheil der ganzen Gasprobe, welcher aus Kohlensäure bestand, wird also ausgedrückt durch

$$\frac{H - H' + h - h'}{H + h - f}$$

Es soll jetzt die Menge des Sauerstoffgases bestimmt werden. Zu dem Ende entfernt man das Stück $g\,f\,e\,r\,d$, reinigt und trocknet es und bringt es, vollständig mit Quecksilber gefüllt, wieder an seinen Ort. Man hebt Ul und lässt bei R Quecksilber auslaufen. Indem man nun vorsichtig die Hähne r und r' öffnet, lässt man das Quecksilber aus $e\,r\,d$ vorsichtig bis an die Marke ϑ zwischen c und b vordringen und schliesst dann die Hähne wieder. Man führt das Quecksilberniveau in $a\,b$ auf m zurück und misst wieder. Die gefundene Spannung sei $H'' + h'' - f$. Diese neue Messung ist nöthig geworden, weil man beim Unterbrechen der Verbindung d eine kleine Menge von Gas verloren hat. Man führt nun in $g\,f$ eine Quantität von Wasserstoffgas ein, die dem Volum nach wenigstens doppelt so gross ist, als die Menge von Sauerstoffgas, welche in der Gasprobe enthalten sein kann. Man öffnet die Hähne r und r', führt das Wasserstoffgas in den Messapparat und hält das nachrückende Quecksilber durch Schliessen des Hahnes r' bei der Marke ϑ fest. Man bringt das Quecksilber in der Röhre $a\,e$ wieder auf das Nieveau m und liest die Differenz der Quecksilbersäulen ab. Sie sei h''', die gleichzeitig abgelesene Barometerhöhe sei H'''. Die Spannung des als trocken betrachteten Gemenges ist dann $H''' + h''' - f$. Um das Gas besser zu mischen, führt man es im Apparate hin und her, lässt etwas von dem Quecksilber hindurchtröpfeln und hält dasselbe in solcher Stellung fest, dass es das enge Rohr $r'\,c\,b$ vollständig anfüllt.

Jetzt lässt man mittelst zweier bei b eingeschmolzener Platindrähte einen electrischen Funken durchschlagen. Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich im Verhältnisse von 2 zu 1 Volum zu Wasser.

Die Grenzen des Gases werden wieder auf ϑ und m zurückgeführt und die Spannung $H'''' + h'''' - f$ gemessen. Man findet dann die Proportion

des Sauerstoffgases in dem von Kohlensäure befreiten Gase gleich

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{H''' - H'''' + h''' - h''''}{H'' + h'' - f}$$

und berechnet daraus den Gehalt des ursprünglichen Gases an Sauerstoff.

Wir gehen jetzt zu den Resultaten über, zu welchen Regnault und Reiset bei ihren Versuchen gelangt sind. Sie fanden, dass, wenn ihre Versuchsthiere ihrem gewöhnlichen Regime unterlagen, dieselben stets Stickstoff entwickelten, aber nicht so viel, wie frühere Beobachter angegeben hatten. Die Menge dieses Gases erhob sich nie über 2% des in derselben Zeit absorbirten Sauerstoffgases und betrug sogar meist weniger als 1%.

Sie fanden weiter, dass Thiere, welche gefastet hatten, oft etwas Stickstoff absorbirten. Die Menge desselben schwankte zwischen denselben Verhältnissen, wie die Menge des von den Thieren bei gewöhnlichen Nahrungsverhältnissen ausgeathmeten Stickstoffes. Diese Stickstoffabsorption wurde fast constant bei den Vögeln, seltener dagegen bei den Säugethieren beobachtet.

Wenn ein Thier, nachdem es mehrere Tage gefastet hatte, eine Nahrung erhielt, welche von seiner gewöhnlichen sehr bedeutend differirte, so absorbirte es häufig noch während einiger Tage Stickstoff, wahrscheinlich noch so lange, bis es sich an das neue Regime gewöhnt hatte; nachher kehrte es zu seiner gewöhnlichen Stickstoffentwicklung zurück. Diese Thatsache wurde nur an Hühnern constatirt, welche nach mehrtägigem Fasten anstatt der Körnerkost Fleisch erhielten.

Wurde ein Thier in Folge der geänderten Nahrung oder aus anderen Ursachen krank, so absorbirte dasselbe Stickgas. Dies wurde an einer Ente constant beobachtet.

Das Verhältniss zwischen der Sauerstoffmenge, welche in der Kohlensäure enthalten ist, und der ganzen verbrauchten Sauerstoffmenge schien mehr von der Nahrung, als von der Classe, zu der die Thiere gehörten, abzuhängen. Dieses Verhältniss war grösser, wenn das Thier von Cerealien lebte, und überstieg dann oft die Einheit. Wenn sich die Thiere ausschliesslich von Fleisch nährten, war dieses Verhältniss geringer und schwankte zwischen 0,62 und 0,80. Bei Kräuterfutter standen die Verhältnisse in der Regel zwischen beiden.

Es ist vollkommen einsichtlich und versteht sich im Grunde von selbst, dass die Respirationsproducte mehr abhängen von der Nahrung, als von der Art des Thieres. Denn das Thier macht ja eine Art von Analyse der organischen Verbindungen, welche es zu sich nimmt; es müssen also auch die Producte dieser Analyse den analysirten Substanzen entsprechen. Wenn wir uns denken, dass ein Thier ausschliesslich auf Kosten von Kohlehydraten respirirt, so wird das Sauerstoffgas nur verwendet zur Oxydation von Kohlenstoff, es muss also der ganze Sauerstoff in der Kohlensäure wieder zum Vorschein kommen. Das Volum der ausgeathmeten Kohlensäure ist dann gleich dem Volum des absorbirten Sauerstoffs, denn das Volum der Kohlensäure ist bekanntlich gleich dem Volum, welches ihr Sauerstoff im freien Zustande einnehmen würde, weil bei der Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff zu Kohlensäure eine solche Condensation eintritt, dass das Volum des Kohlenstoffs in

: neuen Verbindung verschwindet, und nur das Gewicht des Sauerffes um das des Kohlenstoffes vermehrt wird.

Auffallend ist es nur, dass nach den Versuchen von Regnault und ›iset oft mehr Sauerstoff in der Kohlensäure ausgeathmet wurde, als derselben Zeit absorbirt worden war. Das hat seine Erklärung gefunden rch spätere Versuche von Pettenkofer und Voit. Sie fanden, dass ı Darmkanale von Thieren, welche mit Körnern gefüttert wurden, eine rsetzung stattfindet, bei der, neben Kohlensäure, Wasserstoffgas und rubengas gebildet wird, bei der also aus den Verbindungen selbst ein heil des Sauerstoffs disponibel wird, welcher früher als mit Wasserstoff rbunden gedacht werden konnte, und dieser Sauerstoff ist es, welcher eben dem der Atmosphäre entnommenen Sauerstoff in der Kohlensäure er Exspirationsluft erscheint.

Dass bei anderweitiger Nahrung ein Theil des absorbirten Sauertoffes nicht wieder in der Exspirationsluft erscheint, erklärt sich daraus, lass diejenigen Nährsubstanzen, welche nicht Kohlehydrate sind, Sauertoff nicht allein zur Oxydation des Kohlenstoffes, sondern auch zur Oxydation des Wasserstoffes und in geringerer Menge auch zur Oxydation les Schwefels in den Eiweisskörpern brauchen. Daraus also erklärt es ich, dass bei Fleischkost die Menge des in der Kohlensäure ausgeathten Sauerstoffs nur 0,62 bis 0,80 der absorbirten Sauerstoffmenge trägt.

Sind die Thiere nüchtern, so ist das Verhältniss zwischen dem uerstoff der Kohlensäure und dem überhaupt aufgenommenen Sauerstoff t dasselbe, welches bei denselben Thieren bei Fleischkost beobachtet rden ist; im Allgemeinen ist dasselbe übrigens etwas geringer. Ein tendes Thier liefert der Respiration nur seine eigene Substanz, welche selbe Zusammensetzung besitzt, wie das Fleisch. Sämmtliche warmütige Thiere, zeigen deshalb beim Fasten die Respiration der Fleischsser.

Das Verhältniss zwischen dem Sauerstoff in der Kohlensäure und n ganzen aufgenommenen Sauerstoff schwankte bei demselben Thiere rischen 0,62 und 1,04 je nach der Nahrung desselben. Die von demlben Thiere verzehrten Sauerstoffmengen wechselten sehr oft, je nach n verschiedenen Perioden der Digestion, der Bewegung und vieler derer Zustände.

Bei Thieren derselben Species und gleichen Gewichtsverhältnissen t die Sauerstoffconsumption junger Thiere grösser als die erwachsener, agerer, wenn sie sonst gesund sind, grösser, als die fetter Thiere. Dass i jüngeren Individuen die Sauerstoffconsumption grösser ist, erklärt ch daraus, dass sie einen geschwinderen Stoffwechsel haben. Auch bei eineren Thieren ist die Menge des absorbirten Sauerstoffes, auf das rpergewicht berechnet, grösser, als bei grösseren Thieren, weil sie hr Wärme von ihrer Oberfläche verlieren und deshalb durch intenveren Stoffwechsel auch mehr Wärme produciren müssen. Die Sauertoffconsumption für gleiche Zeiträume bei gleichem Gewichte von Thien derselben Classe ist deshalb sehr abweichend nach der absoluten rösse derselben. So ist dieselbe zehnmal grösser bei kleinen Vögeln, perlingen und Finken, als bei Hühnern.

des Sauerstoffgases in dem von Kohlensäure befr .er Respiration n u x un-

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{H''' - H'''' + h''' -}{H'' + h'' -}$$

.wefelhaltigen Gase n der .e noch die Respiratio n und

und berechnet daraus den Gehalt des u ..on der vollkommen wachen sie .et nichts Eigenthümliches dar, en

Wir gehen jetzt zu den Resu ähnlicher Kost. Bei Murmelthier

und Reiset bei ihren Versuchen häufig eine Stickstoffabsorption statt.

ihre Versuchsthiere ihrem gew der Kohlensäure ausgeschiedenen zu der

stets Stickstoff entwickelten, ..offmenge ist viel kleiner und beträgt manch-

angegeben hatten. Die M ..art sich daraus, dass die Murmelthiere haupt-

in derselben Zeit abso Fett respiriren, also auf Kosten von sauerstoff-

weniger als 1%. ..he nicht allein zur Oxydation ihres Kohlenstoffes,

Sie fanden v ..Oxydation ihres Wasserstoffes eine grosse Menge von

Stickstoff absorb Hiedurch ist das Gewicht des zur Bildung nicht

selben Verhäl ..ten verwendeten Sauerstoffes grösser, als das Gewicht der

lichen Nahr ..Stoffe Kohlensäure, und da auch das Thier durch Abdunstung

absorptio ..Wasser verliert, so nimmt das Murmelthier durch seine Respiration

Säuget Gewicht zu. Aber diese Zunahme findet nicht fortwährend statt, weil

Na das Thier von Zeit zu Zeit Harn entleert.

s Die Sauerstoffconsumption beträgt bei erstarrten Murmelthieren nur $\frac{1}{30}$ der von wachenden Murmelthieren verzehrten Menge: häufig sinkt dieses Verhältniss noch mehr bei niedrigerer Temperatur. vielleicht haben also einen ähnlich langsamen Stoffwechsel, wie kaltblütige Thiere, denn wir haben früher geschlossen, dass der Stoffwechsel der kaltblütigen Thiere im Mittel etwa 23mal langsamer ist, als der warmblütiger Thiere und man hat Ursache, zu glauben, dass diese Zahl noch vergrössert werden muss, wenn man der relativen Grösse der Thiere hinreichend Rechnung trägt.

So wie die Winterschläfer aus ihrer Lethargie erwachen, wird ihre Respiration äusserst thätig, und während dieser Periode absorbiren sie mehr Sauerstoff, als wenn sie vollkommen wach sind, ihre Temperatur steigt rasch und ihre Glieder kommen aus der Erstarrung.

Die erstarrten Murmelthiere können lange Zeit ohne nachtheilige Folgen in einer sauerstoffarmen Atmosphäre liegen, in welcher ein waches Murmelthier in einigen Augenblicken ersticken würde. Es stimmt dies mit der allgemeinen Erfahrung überein, dass ein Thier um so länger in einer sauerstoffarmen Luft leben kann, ohne zu ersticken, je langsamer sein Stoffwechsel ist, je geringer also sein Sauerstoffbedürfniss ist. Am frühesten ersticken die Vögel mit ihrem schnellen Stoffwechsel, dann die Säugethiere, dann erst und viel später die Amphibien, und diesen ähneln die winterschlafenden Murmelthiere in Rücksicht auf die Langsamkeit ihres Stoffwechsels.

Abgesehen davon, dass die Amphibien im Verhältnisse zu ihrem Gewichte viel weniger Sauerstoff verzehren, als die warmblütigen Thiere, weichen sie von diesen hinsichtlich der Natur und der Verhältnisse der absorbirten und producirten Gase nur wenig ab; bald findet sich eine gewisse Absorption, bald Entwickelung von Stickstoff.

Frösche, denen die Lungen exstirpirt sind, fahren fast mit derselben Stärke zu respiriren fort; während ihres oft noch mehrere Tage dauernden Lebens weichen die Verhältnisse der absorbirten und entwickelten

ɜe wenig von denen gesunder Frösche ab. Sie haben also offenbar e sehr thätige Hautrespiration. Beim Menschen beträgt der Gaswechsel der Hautoberfläche nur einen sehr geringen Bruchtheil des Gesammtɪwechsels, und er kommt gegenüber dem in den Lungen kaum in tracht. Anders ist es bei den Fröschen, bei welchen die Hautoberche feucht ist, bei denen die Diffusion deshalb viel leichter von statten ıt. Ausserdem ist bei den Fröschen die Arteria cutanea magna, die terie, welche den ganzen Rumpf versorgt, ein Ast der Arteria pulınalis und führt also wie diese, venöses Blut.

Die Respiration der Regenwürmer ist hinsichtlich der consumirten uerstoffmenge und auch in Betreff des Verhältnisses vom Sauerstoff in r Kohlensäure und dem ganzen verbrauchten Sauerstoff der der Frösche nz ähnlich.

Die Respiration der Insekten, Maikäfer und Seidenraupen ist viel ergischer, als die der Reptilien: sie consumiren bei gleichem Gewichte ıt ebenso viel Sauerstoff, wie die Säugethiere. Es steht dieser Verbrauch Beziehung zu der grossen Menge Nahrung, welche sie verzehren, und ɪnn ihre Temperatur die ihrer Umgebung nicht übersteigt, so kommt ɜs daher, dass sie weniger Masse haben und deshalb ihre Wärme weʒer zusammenhalten können, als grössere Thiere.

Die Respiration der Thiere überhaupt zeigt in einer Atmosphäre, lche zwei- bis dreimal mehr Sauerstoff enthält, als die gewöhnliche, ne Verschiedenheit von der Respiration in gewöhnlicher Luft. Die ıerstoffconsumption ist dieselbe, auch zeigt sich keine merkliche Verıiedenheit in Rücksicht auf das Verhältniss zwischen dem Sauerstoffıalt der Kohlensäure und dem ganzen Sauerstoffverbrauch. Die Menge ı ausgeathmeten Stickstoffes ist dieselbe; endlich merkt man den ieren gar nichts an. Dieses Resultat steht im Widerspruche mit verıiedenen älteren Versuchen, bei denen man in Folge von Sauerstoffathmung beobachtet hatte oder beobachtet haben wollte, dass die iere an Pneumonie erkranken, dass in den Venen hellrothes Blut ɜs u. s. w. Es scheint aber wohl, dass Regnault's und Reiset's rsuche mit grösserer Vorsicht angestellt worden sind, und dass namentı auf die Bereitung und Reinigung des Sauerstoffes sehr viel mehr ·gfalt verwendet worden ist, als früher.

Die Respiration der Thiere, welche in einer Atmosphäre athmen, welcher der Stickstoff grösstentheils durch Wasserstoff ersetzt ist, ist ɪnfalls nur wenig von der in gewöhnlicher Luft verschieden; man berkt blos eine grössere Sauerstoffconsumption. Regnault und Reiset ıreiben das einer grösseren Thätigkeit zu, welche die Respiration zur sgleichung der durch Wasserstoff bewirkten grösseren Abkühlung anımen muss.

Regnault und Reiset wünschten sehr, ihre Versuche auch auf ı Menschen auszudehnen, aber sie scheiterten am Kostenpunkte. Es ren damals selbst in Paris nicht die Mittel aufzutreiben, um einen ɜigneten Respirationsapparat auszuführen. Später aber hat der verrbene König Max von Baiern die Mittel geboten, vermöge welcher ttenkofer und Voit einen Respirationsapparat für Versuche am unden und kranken Menschen zusammenstellen konnten. Dieser beruht ' einem andern Princip, als der Apparat von Regnault und Reiset.

Es ist Ihnen bekannt, dass bei einem gut ziehenden Ofen von den Verbrennungsgasen, welche sich bilden, nichts in das Zimmer hineingelangt. Das beweist, dass nur Luft aus dem Zimmer in den Ofen hineinkommt, und keine Luft aus demselben in das Zimmer gelangt, selbst nicht, wenn die Thür des Ofens offen ist. Man kann also die Diffusion der Gase selbst in verhältnissmässig weiten Oeffnungen vollständig unwirksam machen, wenn man mit hinreichender Geschwindigkeit einen Luftstrom durch die Oeffnung hineinzieht. Die Geschwindigkeit des Luftstromes übertrifft in unserem Beispiele so sehr die des Diffusionsstroms, dass ersterer alles Gas, welches in das Zimmer diffundiren sollte, wiederum in den Ofen hineinreisst.

Auf dieser Erfahrung beruht der Apparat von Pettenkofer und Voit. Er besteht im Wesentlichen aus einem Cabinet von Eisenblech, in welches man durch eine Thüre hineintritt, welche keineswegs hermetisch schliesst, und das ausserdem noch Ventilationsöffnungen hat, welche man nach Bedürfniss vergrössern oder verkleinern kann. Aus diesem Zimmer kann mittelst einer Dampfmaschine die Luft fortwährend ausgepumpt werden. Es muss also durch die Spalten der Thüre und durch die Ventilationsöffnungen die Luft einströmen und, wenn mit hinreichender Geschwindigkeit ausgepumpt wird, so schnell, dass von der Luft im Kabinet nichts nach aussen diffundirt werden kann. Der zum Versuche bestimmte Mensch wird in dieses eiserne Kabinet hineingesetzt, die Dampfmaschine zieht fortwährend frische Luft durch dasselbe. Aus dieser athmet der Versuchsmensch, und an diese gibt er seine Respirations- und Perspirationsproducte, das gasförmige Secret der Lunge und der Haut, ab. Diese Luft ist es also, welche analysirt werden und mit der umgebenden atmosphärischen Luft verglichen werden muss. Nun ist es aber begreiflich, dass es unmöglich ist, die ungeheuren Luftmengen, welche während eines längeren Versuches durch den Apparat durchgezogen werden, im Grossen und Ganzen zu analysiren. Es wird deshalb diese Luft mittelst einer nassen Gasuhr, von deren Genauigkeit sich Pettenkofer und Voit sorgfältig überzeugten, gemessen, und es werden von Zeit zu Zeit Proben derselben genommen, und diese werden analysirt.

Die Schattenseite dieses Verfahrens liegt offenbar darin, dass die Analyse vorgenommen wird an Luftquantitäten, die verhältnissmässig klein sind zu der Menge der gesammten Luft, welche durchgezogen wird, dass also das Resultat nachher mit einem grossen Factor multiplicirt werden muss, dass mithin auch die Fehler mit diesem grossen Factor multiplicirt werden. Nichtsdestoweniger haben Pettenkofer und Voit sich überzeugt, dass sie hinreichend genaue Resultate mit ihrem Apparate erhielten. Sie stellten in dem eisernen Cabinet eine Stearinkerze auf und liessen dieselbe darin herunterbrennen. Dabei liessen sie den Apparat arbeiten und nahmen Stichproben von der ausgepumpten Luft, berechneten schliesslich die Menge der Kohlensäure und des Wassers, welche die Stearinkerze durch ihre Verbrennung gegeben hatte, und es zeigte sich in der That, dass die gefundenen Werthe den aus dem verbrannten Stearingewichte berechneten entsprachen.

Pettenkofer und Voit leugnen die Stickstoffausscheidung, welche Regnault und Reiset, wenn auch in geringerem Masse als ihre Vor-

gänger, gefunden hatten, oder führen dieselbe doch auf einen so kleinen Werth zurück, dass sie für die Statik des Körpers im Ganzen und Grossen gar nicht in Betracht kommt. Sie sehen leicht ein, dass sie mit Hilfe ihres Respirationsapparates diese Frage nicht entscheiden konnten. Sie haben sie deshalb auf einem anderen Wege angegriffen. Sie haben zunächst bei Hunden die Menge der Nahrung und auch den Stickstoffgehalt der Nahrung bestimmt und andererseits den Stickstoff der Ausscheidungen durch den Darm und durch die Nieren, und sie haben gefunden, dass mit den Faeces und mit dem Harne so viel Stickstoff fortgeht, wie in der Nahrung aufgenommen wird, und dass mithin keiner übrig bleibt, der durch die Lungen ausgeschieden werden könnte. Es ist klar, dass sie nicht das Fleisch analysiren konnten, mit dem der Hund gefüttert wurde. Sie waren deshalb genöthigt, an einer Reihe von Fleischproben, welche sie, so weit es eben mit dem Messer ging, vom Fette befreit hatten, den Stickstoffgehalt zu bestimmen. Sie haben das Mittel aus diesen Analysen gezogen, darnach den Stickstoffgehalt des Fleisches ein für alle Mal gleich 3,4 Procent des frischen Fleisches gesetzt und nun aus der gewogenen Fleischmenge, welche verfüttert wurde, die Menge des Stickstoffes berechnet, welche das Thier mit der Nahrung zu sich genommen hatte. Es lässt sich nicht läugnen, dass dieses Verfahren bis zu einem gewissen Grade Irrthümer zulässt, weil man ja das Fleisch nicht immer gleichmässig mit dem Messer entfetten kann, weil ferner das Fleisch verschiedene Stickstoffmengen enthält, je nachdem es vorzugsweise aus contractiler Substanz besteht, oder je nachdem es mehr Sehnen oder mehr elastisches Gewebe enthält. Es hat deshalb Voit noch eine andere Versuchsreihe angestellt, in der er einer Taube Erbsen verfütterte, deren Stickstoffgehalt er vorher bestimmt hatte, und nun aus der Menge der Erbsen den eingeführten Stickstoff berechnete und aus den Faeces und dem Harne den ausgeführten Stickstoff bestimmte. Es führte ihn auch diese Versuchsreihe zu demselben Resultate. Es handelt sich nicht darum, dass absolut kein Stickstoff ausgeschieden wird: eine solche Behauptung würde schon deshalb unhaltbar sein, weil man bestimmt weiss, dass durch die Lungen immer kleine Mengen von Ammoniak ausgeschieden werden; aber Pettenkofer und Voit insistiren darauf, dass keine für die Statik des Körpers im Allgemeinen in Betracht kommende Menge von Stickstoff durch die Lunge ausgeschieden wird. Ihnen gegenüber vertheidigen Seegen und Nowak auf Grund ihrer Untersuchungen die Ansicht, dass grössere Stickstoffmengen, z. B. beim Hunde 8 Milligramm pro Kilo und Stunde, ausgehaucht werden.

Pettenkofer und Voit gewannen, indem sie die Nahrung und zugleich die Excrete analysirten, im Vereine mit ihren Respirationsversuchen eine ausgedehnte Uebersicht über die Statik der Ernährung und die Statik des Stoffverbrauches, welche sie zu mannigfachen lehrreichen Resultaten geführt hat. Wir können auf die einzelnen numerischen Daten, welche sie gefunden haben, hier nicht näher eingehen, wir wollen nur bemerken, dass ihre Versuche namentlich in zwei Richtungen von Wichtigkeit geworden sind. Erstens in Rücksicht auf die Frage, auf Kosten welcher Substanzen mechanische Arbeit erzeugt wird, und zweitens in Rücksicht auf die Verwendung der Eiweisskörper und die Entstehung des Fettes im Organismus.

Was den ersteren Punkt anlangt, so haben sie gezeigt, dass durch die mechanische Arbeit keine sofortige redenswerthe Schwankung in den stickstoffhaltigen Ausscheidungen, zunächst im Harnstoff, erzeugt wird, und dass der Körper der Hauptsache nach nicht auf Kosten stickstoffhaltiger Substanzen arbeitet, wie ich dies früher bei Gelegenheit der Nahrungsmittel bereits erörtert habe. Dagegen tritt bei der Arbeit eine sehr auffällige Vermehrung des absorbirten Sauerstoffes und eine sehr auffallende Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure ein. Schon bei sehr mässiger Arbeit konnte die Ausscheidung der Kohlensäure und die Absorption des Sauerstoffes binnen 24 Stunden beinahe auf das Doppelte erhöht werden, und wenn man kleinere Zeiträume berücksichtigt, in denen intensiv gearbeitet werden kann, so kann nach ihren Versuchen die Sauerstoffabsorption bis auf das Fünffache von dem, was in der Ruhe absorbirt wird, gesteigert werden. Auch die Menge des ausgeathmeten Wassers wird bedeutend vermehrt, ja sogar in ähnlicher Menge vermehrt, wie die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure. Man muss dies aber nicht davon herleiten, dass das Wasser ausgeathmet würde, welches entsteht durch die chemische Verbindung des Sauerstoffes mit dem Wasserstoff im Körper. Das Wasser, welches ausgeathmet wird, ist nur das Wasser, welches sich an der Lungenoberfläche befindet und hier nach physikalischen Gesetzen abdunstet. Dass dasselbe bei der Arbeit so auffallend vermehrt wird, rührt daher, dass bei der Arbeit, um die grössere Menge von Sauerstoff zuzuführen und die grössere Menge von Kohlensäure abdunsten zu lassen, auch viel lebhafter ventilirt wird, dass häufigere und tiefere Athemzüge gemacht werden, als im Zustande der Ruhe.

Was die zweite Frage, die Verwendung der Eiweisskörper, betrifft, so zeigt es sich, dass bei stickstoffloser Kost die Harnstoffausscheidung herunterging auf ein gewisses Minimum (S. 411), auf dem sie dann verharrte, dass aber bei jeder Menge von Eiweisskörpern, welche verfüttert wurde, eine Vermehrung des Harnstoffes eintrat, weil niemals die ganze Menge der Eiweisskörper, welche verfüttert wurde, im Körper verblieb, sondern ein Theil derselben sich sofort weiter zersetzte. Wenn endlich das Thier, wie man zu sagen pflegt, sich ausgefressen hatte, das heisst, wenn es soweit gut ernährt war, dass es nicht mehr Fleisch ansetzte, seine Muskeln nicht mehr zunahmen; dann erschien der ganze Stickstoff des Futters wieder in dem Harne und in den Faeces. Es muss das einigermassen zum Nachdenken veranlassen, weil wir bei hungernden Thieren sehen, dass in erster Reihe die Kohlehydrate, das Leberglycogen und der Zucker, im Körper angegriffen werden, demnächst das Fett, und dass viel langsamer und erst in dritter Reihe die Eiweisskörper im Organismus, die Muskeln u. s. w. schwinden. Hier sehen wir dagegen bei ausgefütterten Thieren eine der ganzen verfütterten Eiweissmenge entsprechende Menge von Stickstoff im Harn und in den Faeces erscheinen. Während also beim Hungern die Eiweisskörper sich als diejenigen erwiesen hatten, welche zuletzt zerfielen, so zerfallen hier die Eiweisskörper in erster Reihe. Es hat dies Voit veranlasst, zu unterscheiden zwischen Organeiweiss und Circulationseiweiss. Von dem Organeiweiss, von demjenigen, welches wirklich Gewebsbestandtheil geworden ist, nimmt er an, dass es verhältnissmässig widerstandsfähig sei, während andererseits das

Circulationseiweiss sehr leicht zersetzt werde, und deshalb der Stickstoff desselben sehr rasch wieder in den Excreten erscheine. Thatsache ist es nach dem Obigen, dass Eiweisssubstanzen durch reichliche Zufuhr nur bis zu einem gewissen Grade im Körper angehäuft werden können, und dass der Ueberschuss zerfällt, während andererseits bei mangelnder Zufuhr der Zerfall der im Körper befindlichen Eiweisskörper bis zu einer gewissen Grenze abnimmt und sich dann nicht mehr ändert, bis entweder wieder mehr Eiweiss zugeführt wird, oder das Thier an Inanition zu Grunde geht. Es ist auch gewiss richtig, diesen Wechsel wenigstens theilweise von verschiedenen Zuständen abzuleiten, in welchen sich die Eiweisssubstanzen im Körper befinden, so dass sie je nach diesen Zuständen mehr oder weniger leicht dem Zerfalle unterliegen. Dann ergibt es sich, dass bei mangelnder Eiweisszufuhr anfangs ein Theil rascher zerfällt, später der Rest mehr Widerstand leistet.

Von grosser Wichtigkeit ist es, dass Pettenkofer und Voit, so lange das ausgefütterte Thier noch an Gewicht zunahm, zwar den ganzen Stickstoff wieder in den Excreten erscheinen sahen, aber nicht den ganzen Kohlenstoff, so dass also offenbar auf Kosten von Eiweisssubstanzen eine stickstofflose Substanz im Körper gebildet werden musste, die in Rücksicht auf die Menge des Kohlenstoffes, welche fehlte, kaum für etwas Anderes als für Fett gehalten werden kann.

Die Menge des Wassers, welche aus den Lungen abdunstet, hat man quantitativ zu bestimmen versucht, indem man es theils condensirte, theils absorbirte. Man hat diese Menge sehr variabel gefunden, je nach der Menge und nach der Tiefe der Athemzüge, und nach der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft. Es ist klar, dass, wenn die atmosphärische Luft mit Wasserdampf gesättigt, und dabei sehr warm ist, sie in den Lungen nur noch verhältnissmässig wenig Wasser aufnehmen kann, dass sie dagegen, wenn sie trocken ist, in den Alveolen der Lunge noch eine beträchtliche Menge von Wasser aufnehmen kann. Wenn sie ausgeathmet wird, ist sie zwar nicht ganz für die Temperatur des menschlichen Körpers mit Wasserdampf gesättigt, aber doch nahezu. Dass die Ausathmungsluft für diese Temperatur nicht ganz mit Wasserdampf gesättigt ist, davon kann man sich überzeugen, wenn man die Kugel eines Thermometers vergoldet oder verplatinirt, sie auf die Temperatur von 38° erwärmt und in die Mundhöhle hineinbringt, so dass sie von der Ausathmungsluft getroffen wird. Dann sieht man, wenn das Quecksilber unter 37° fällt, an der Oberfläche der Kugel noch nicht sofort einen Thau entstehen, erst früher oder später, wenn das Quecksilber noch um einen oder mehrere Grade gefallen ist, erscheint er, und zwar immer zuerst am Ende der Exspiration, also dann, wenn diejenige Luft kommt, welche am tiefsten in den Lungen gewesen ist, während die Luft, welche nur in den oberen, in den weiteren Luftwegen gewesen ist, weniger mit Wasserdampf gesättigt war. Die Luft scheint ferner in der Nase in der Regel einen Theil des Wassers abzugeben, denn, wenn man die Thermometerkugel unter ein Nasenloch bringt, so findet man immer die Temperatur, für welche die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, tiefer, als wenn man sie in der Mundhöhle misst. Nur bei schwitzenden Individuen zeigt sich diese Differenz nicht, da erscheint der Thau ebenso früh in der Luft, die aus der Nasenhöhle ausströmt,

als in derjenigen, welche direct aus dem Kehlkopf durch die Mundhöhle ausströmt.

Es sind auch verschiedene Apparate angegeben worden, um die Menge der ein- und ausgeathmeten Luft zu bestimmen, namentlich in neuerer Zeit der Anapnograph von Bergeon und Kastus, welcher auf dem Principe des Anemometers beruht und graphische Resultate gibt in Gestalt einer Curve auf einem in Quadrate eingetheilten Papier. Er gibt zwar nur annähernde Resultate, hat aber den Vortheil, dass man mit einem kleinen und leicht transportablen Instrumente sehr grosse Luftvolumina, die Luft von einer ziemlich langen Reihe von Athemzügen, misst.

Sämmtliche Athmungsgrössen sind, wie wir gesehen haben, grossen Schwankungen unterworfen. Wenn man deshalb rechnet, dass ein ausgewachsenes Individuum binnen 24 Stunden 700—750 Gramme Sauerstoff absorbirt, und dass es 850—900 Gramm Kohlensäure ausscheidet, oder wenn man, weitere Schwankungen berücksichtigend, das Gewicht des in 24 Stunden verbrauchten Sauerstoffes zu 700—1006 Gramme, das des ausgeschiedenen Kohlenstoffes zu 100—350 Gramme annimmt, so wird dadurch eine allgemeine Vorstellung von der Grösse des Stoffwechsels gegeben, ohne dass deshalb die Grenzen als unverrückbar zu betrachten sind, das Mittel als dasjenige, welches man etwaigen Rechnungen unter allen Umständen zu Grunde zu legen habe. Eine ähnliche Bedeutung hat es auch, wenn man rechnet, dass auf jedes Kilogramm Körpergewicht binnen 24 Stunden 11—12 Gramme Sauerstoff absorbirt und circa 14—15 Gramme Kohlensäure ausgeschieden werden.

Es drängt sich uns nun die wichtige Frage auf, wodurch eigentlich der Gaswechsel in den Lungen erfolgt, durch welche Kräfte der Sauerstoff absorbirt und die Kohlensäure ausgeschieden wird. Als Lavoisier die antiphlogistische Theorie aufstellte, erkannte er auch sogleich, dass der Lebensprocess des Menschen ein Verbrennungsprocess sei, und dass der Sauerstoff, der zur Verbrennung dient, in den Lungen aufgenommen, und die Verbrennungsproducte, Kohlensäure und Wasser, in den Lungen ausgeschieden werden. Man war damals geneigt, diesen Verbrennungsprocess in die Lunge selbst zu verlegen, als ob daselbst Verbindungen ausgeschieden würden, welche sich direct mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft verbänden und in Kohlensäure und Wasser zerfielen. Von dieser Ansicht kam man später zurück, als Magnus zeigte, dass sowohl das arterielle, als auch das venöse Blut bedeutende Mengen von auspumpbarem Sauerstoff und von auspumpbarer Kohlensäure enthält. Auch durch das Hindurchleiten von anderen Gasen konnten Sauerstoff und Kohlensäure aus dem Blute gewonnen, herausgewaschen werden. Da man damals auspumpbare Gase ohne Weiteres auch für nicht chemisch gebunden, für nur physikalisch aufgelöst hielt, so musste man zu der Vorstellung geführt werden, dass auf physikalischem Wege Sauerstoff in den Lungen absorbirt wird, und auf physikalischem Wege Kohlensäure in den Lungen abdunstet. Dass dieser Process niemals erlahmte, dass er sich fortwährend erneute, das konnte man sich auch ganz gut vorstellen. Wenn Sie irgend eine Flüssigkeit und über derselben ein Gasgemenge haben, also in unserem Falle ein Gasgemenge aus 79,1 Volumtheilen Stickstoff, 20,9 Volumtheilen Sauerstoff und etwa 4 bis 6 Zehntausend-

theilen Kohlensäure, so absorbirt die Flüssigkeit, wenn wir sie uns von Hause aus gasfrei denken, verschiedene Mengen von diesen verschiedenen Gasen, und zwar ist die Menge, welche sie von jedem absorbirt, abhängig von dem Absorptionscoefficienten für das Gas. Dieser ist wieder abhängig von der Temperatur, indem er immer bei fallender Temperatur wächst, bei steigender Temperatur kleiner wird. Bei einem und demselben Absorptionscoefficienten ist aber die Menge des absorbirten Gases weiter abhängig vom Partialdruck, welchen das Gas auf die Flüssigkeit ausübt. Wenn Sie sich das Gemenge in die einzelnen Gase geschieden denken, so würde jedem derselben von dem gemeinsamen Druck, den die Gase ausüben, ein bestimmter Bruchtheil zukommen, und diesem Drucke ist die Menge des von der Flüssigkeit absorbirten Gases proportional. Die Absorption wird so lange dauern, bis für diesen Partialdruck die Flüssigkeit mit dem betreffenden Gas gesättigt ist. Das würde also auch, wenn nur physikalische Kräfte wirkten, in der Lunge der Fall sein. Nun bleibt aber das Blut nicht in der Lunge, sondern es circulirt im Körper; im Körper finden Verbrennungen statt, es wird Sauerstoff verbraucht, Kohlensäure gebildet. Das Blut also, das in die Lungen zurückkehrt, würde immer reicher an Kohlensäure und ärmer an Sauerstoff sein, als es war, als es die Lunge verliess: es würde also, da die Partialdrucke der Gase in der Atmosphäre näherungsweise dieselben bleiben, in der Lunge immer Gelegenheit haben, Sauerstoff aufzunehmen und Kohlensäure abzugeben.

So wohl begründet auch diese Vorstellung erschien, so ist doch an ihre Stelle in Folge einer Reihe von Arbeiten, welche im Ludwig'schen Laboratorium ausgeführt wurden, ferner in Folge der Arbeiten von Pflüger und von Preyer eine wesentlich andere getreten. Es hat sich gezeigt, dass die Gase, welche auspumpbar sind, keineswegs ohne Weiteres angesehen werden können als Gase, welche im Blute physikalisch aufgelöst enthalten sind. Ludwig und seine Schüler fanden, dass, wenn man ein Thier ersticken lässt, die Luft des Erstickungsraumes fast vollständig sauerstofffrei ist. Das stimmt nicht zusammen mit der Vorstellung, dass der Sauerstoff durch einige Zeit nach physikalischen Gesetzen im Blute aufgelöst bleibt; denn der Partialdruck des Sauerstoffes im Erstickungsraume war ja nahezu Null; es konnte also im Blute keine irgend wie in Betracht kommende Menge von Sauerstoff enthalten sein, welche noch dem einfachen Absorptionsgesetze folgte. Um den Sachverhalt zu erklären, musste man annehmen, dass, so wie ein Theil des Sauerstoffes absorbirt war, er auch sofort in eine lockere chemische Verbindung, aus welcher er beim Auspumpen durch Erniedrigung des Druckes wieder frei gemacht werden konnte, eintrat, dass dann neues Sauerstoffgas absorbirt ward, wiederum diese lockere chemische Verbindung einging u. s. f. bis am Ende nahezu aller Sauerstoff aus der Luft des Erstickungsraumes absorbirt war. Diese lockere Verbindung, in welche der Sauerstoff zunächst und sogleich übergeführt wird, ist die Verbindung mit dem Hämoglobin, das Oxyhämoglobin, welches das arterielle Blut hellroth macht zum Unterschiede von dem dunkelrothen venösen Blute. Da nun das Blut des erstickten Thieres nicht hellroth, sondern dunkelroth ist, so musste der Sauerstoff vor oder während des Erstickens diese erste

Verbindung schon wieder verlassen haben und in anderweitige Verbindungen übergegangen sein, und so ist es auch in der That.

Andererseits gelang es, das Blut durch eine Quecksilberluftpumpe vollständiger zu entgasen, als dies früher der Fall war. Pflüger gewann dabei aus Hammelblut 30 bis 40 Volumsprocente Kohlensäure, und es zeigte sich nun, dass aus diesem Blute durch Zusatz von Säure keine neue Kohlensäure mehr entwickelt wurde. Er hatte also die ganze Kohlensäure ausgepumpt, welche man früher als chemisch gebunden im Blute angesehen hatte. Er erhielt aber von Neuem Kohlensäure, wenn er nicht eine Säure, sondern kohlensaures Natron zu dem Blute hinzufügte und dann wieder auspumpte. Es war also offenbar eine Substanz im Blute vorhanden, welche im Stande war, bei niederem Drucke aus kohlensauren Salzen die Kohlensäure auszutreiben. Hiernach war zu vermuthen, dass nicht die ganze früher ausgepumpte Kohlensäure physikalisch aufgelöst, sondern dass ein Theil derselben chemisch gebunden war, und dass auch bei der Ausscheidung der Kohlensäure in den Lungen sich chemische Einflüsse geltend machen.

Ein solcher chemischer Einfluss muss als ausgehend gedacht werden von einer Verbindung, welche der absorbirte Sauerstoff eingeht; denn Ludwig und Holmgren fanden, dass das Blut in einen mit Sauerstoff gefüllten Raum mehr Kohlensäure abgibt, als an das Vacuum. Als diese Verbindung bezeichnet Gaule der gleichfalls in Ludwig's Laboratorium gearbeitet hat, vermuthungsweise das Oxyhämoglobin.

Nach Preyer ist im Blute gar keine Kohlensäure enthalten, die nicht durch irgend welche chemische Kräfte gebunden wäre. Er schliesst folgendermassen: Wenn im Blute nur ein Theil der Kohlensäure chemisch gebunden und ein Theil physikalisch aufgelöst wäre, so könnte das Blut Kohlensäure nur aufnehmen nach physikalischen Gesetzen. Das ist aber erfahrungsgemäss nicht der Fall, sondern erfahrungsgemäss nimmt das Blut Kohlensäure auf, unabhängig vom Drucke. Das ist nur dadurch zu erklären, dass man annimmt, dass die Kohlensäure, welche in das Blut hineingelangt, dort in chemische Verbindung übergeht, also wieder Raum lässt für andere Kohlensäure, welche absorbirt werden kann.

Alles, was ich hier bisher gesagt habe, gilt nur vom Blute mit den Blutkörperchen, nicht vom Serum: denn Pflüger fand, dass sich das Serum nicht so vollständig entgasen lasse, dass alle Kohlensäure, auch die durch Säuren austreibbare, aus demselben ausgepumpt wird. Er fand, dass noch bis 7% durch Säuren austreibbare Kohlensäure in dem Serum zurückblieb. Nach Gaule folgt im Serum die Kohlensäurespannung den Dissoziationsgesetzen so lange in demselben noch doppeltkohlensaure Verbindungen vorhanden sind. Wird einfachkohlensaures Natron hinzugefügt, so sinkt die Kohlensäurespannung. Wird dagegen aus dem geschlossenen Luftraum über dem Serum Kohlensäure weggenommen, so gibt das Serum neue an denselben ab, aber die Kohlensäurespannung erreicht nicht mehr ihre frühere Höhe. Letzteres geschieht deshalb nicht, weil nur das eine Product der Dissoziation, die freie Kohlensäure hinweggenommen worden ist, nicht aber auch das andere, die einfachkohlensaure Verbindung. Hiernach findet die Kohlensäureabgabe mit der Zersetzung aller doppeltkohlensauren Verbindungen ihre natürliche Grenze.

Es stellt sich uns nun die weitere Frage, wo denn der hauptsächlichste chemische Process stattfindet: denn der Sauerstoff bleibt ja nicht verbunden mit dem Haemoglobin, sondern er geht andere festere Verbindungen ein, er wird vom Haemoglobin wiederum an andere Substanzen abgetreten. Das Haemoglobin dient nur dazu, ihn zu übertragen. Hellrothes Blut, welches man in einen abgeschlossenen Raum bringt, verliert seine Farbe wieder, wird dunkel, zum Zeichen, dass das gebildete Oxyhämoglobin wieder zerfällt und seinen Sauerstoff an andere Verbindungen abgibt.

Früher verlegte man den Oxydationsprocess hauptsächlich in das Blut. Man musste sich dabei sagen, dass der Oxydationsprocess im Lungenblute energischer von Statten gehe, als im übrigen Blute. Es war das erstens schon a priori wahrscheinlich, weil ja in den Lungen dem Blute der Sauerstoff zugeführt wird, und ein Feuer heller brennt vor der Düse, durch welche ihm die Luft zugeführt wird, als an anderen Orten; es ergab sich aber auch aus folgender Betrachtung. Das Blut, welches aus den Lungen zurückkehrt, hat ein gasförmiges Product, die Kohlensäure, abgegeben, es hat dafür freilich einen anderen gasförmigen Körper, den Sauerstoff, aufgenommen, es hat aber auch an einer feuchten Oberfläche eine grosse Menge von Wasser verdunstet und ist ausserdem mit immer neuen Luftquantitäten in Berührung gekommen, welche eine niedrigere Temperatur hatten, als der Körper, und an welche es Wärme abgab: es musste ihm also nothwendig in den Lungen eine beträchtliche Menge von Wärme verloren gehen, es musste das Blut eine beträchtliche Abkühlung erleiden. Von dem übrigen Blute, das durch den Körper zurückkehrte, war nur das Blut, welches durch die Körperoberfläche, durch die Haut und namentlich durch die nackten Theile der Haut, gegangen war, ähnlichen abkühlenden Momenten ausgesetzt gewesen, das übrige nicht. Wenn also in allen Theilen des Blutes der Oxydationsprocess mit gleicher Energie von statten ginge, so müsste man erwarten, dass das Blut, welches aus den Lungen zurückkehrt, also das Blut der linken Herzenshälfte, eine bedeutend niedrigere Temperatur habe, als das Blut, das aus dem Körper zurückkehrt. Das ist aber nicht der Fall. Die Temperaturdifferenz in beiden Herzhöhlen ist so gering, dass bis auf den heutigen Tag darüber gestritten wird, ob das Blut im rechten oder linken Ventrikel wärmer sei. Daraus muss man also den Schluss ziehen, dass in der Lunge eine beträchtliche Menge von Wärme gebildet worden ist, durch welche dem Lungenblute seine Wärmeverluste ersetzt worden sind.

In neuerer Zeit ist man aber mehr und mehr darauf aufmerksam geworden, dass die chemischen Processe, welche in den Organen vor sich gehen, an Intensität diejenigen, welche im Blute vor sich gehen, nicht selten übertreffen. Man drückt das aus, indem man sagt, es sei nach den jetzigen Ansichten der Hauptoxydationsprocess in die Gewebe verlegt worden. Es ist zwar richtig, dass das hellrothe Blut im eingeschlossenen Raume dunkelroth wird, aber dieser Process geht verhältnissmässig langsam vor sich, und nach Ed. Hofmann wesentlich unter der Einwirkung von mikroskopischen Organismen. Wenn dagegen das Blut durch die Capillaren hindurchgegangen ist, so ist es plötzlich, während es in den Arterien noch hellroth war, dunkelroth geworden, kommt dunkelroth in den Venen an, so dass man also sieht, dass es bei inniger Berührung mit den Geweben in sehr kurzer Zeit den grössten Theil seines locker

gebundenen Sauerstoffes abgegeben hat, und wahrscheinlich nicht abgegeben hat an andere Bestandtheile des Blutes, sondern an die Gewebe und an die umgebende Gewebsflüssigkeit. Die verschiedenen Organe verhalten sich hiebei wieder sehr verschieden und verhalten sich auch verschieden je nach ihrer Ruhe oder Thätigkeit. Am wenigsten Sauerstoff scheinen die Nieren zu verbrauchen, wenigstens nach der Farbe des Blutes zu urtheilen, indem das Blut der Nierenvenen heller roth ist, als das der übrigen Venen. Bei den Speicheldrüsen haben wir gesehen, dass im Zustande der Ruhe das Blut dunkler aus ihnen herauskommt und zugleich spärlich, dass dagegen, wenn die Speicheldrüsen secerniren, das Blut reichlich und weniger dunkel in die Venen zurückkommt, vielleicht nur deswegen, weil es mit grösserer Geschwindigkeit durch die Capillaren hindurchgegangen ist, weil es sich weniger lange in denselben aufgehalten hat. Das Umgekehrte scheint bei den Muskeln der Fall zu sein. Beim Durchgange des Blutes durch die thätigen Muskeln ist dasselbe zwar nicht immer dunkler gefunden worden, als wenn es durch ruhende Muskeln gegangen war, aber Ludwig fand doch, dass das Blut, welches durch die thätigen Muskeln gegangen war, immer weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure enthielt, als das Blut, welches durch die ruhenden Muskeln hindurchgegangen war.

Die Respirationsbewegungen.

Wir haben endlich, ehe wir den Respirationsprocess verlassen, noch den mechanischen Act der Respiration zu betrachten. Der Zweck der Respirationsbewegungen ist die innere Ventilation der Lunge, die Erneuerung der Luft in den Lungenzellen. Nun wird bekanntlich immer nur ein Theil der in den Lungen enthaltenen Luft mit einer Exspiration ausgestossen und bei der Inspiration durch neue ersetzt. Diese ist natürlich zunächst diejenige, welche in der Trachea und in den gröberen Bronchien enthalten ist, und man hat deshalb angenommen, es contrahirten sich abwechselnd die Muskelfasern der Bronchien und pumpten auf die Weise die Luft in den Lungen hin und her, pumpten die verbrauchte Luft heraus und liessen neue wieder hineintreten. Man hat aber niemals etwas von einer solchen periodischen Zusammenziehung der Bronchialmuskulatur wahrgenommen, man weiss überhaupt nichts von periodischen Zusammenziehungen der Bronchialmuskulatur, und es ist wohl ein anderes, viel wirksameres Mittel vorhanden, durch welches auch die Luft in den Alveolen erneuert wird, nämlich die meistens nicht unbeträchtliche Temperaturdifferenz zwischen der atmosphärischen Luft und der Luft in den Alveolen, durch welche fortwährend Strömungen unterhalten werden. Daraus geht hervor, dass in einer niederen Temperatur die Lunge besser ventilirt sein muss, als in einer höheren, was insoferne dem Organismus zu statten kommt, als er ja bei niederer Temperatur, um seine Wärme zu bilden, energischer respiriren muss, als er es bei höherer Temperatur thut.

So viel wir wissen, wird die Inspirationsbewegung ausschliesslich ausgeführt durch Skeletmuskeln des Thorax. Der Hauptinspirationsmuskel ist das Zwerchfell. Indem das Zwerchfell sich zusammenzieht, erweitert es den Thorax zunächst von oben nach unten. Es erniedrigt dadurch den Luftdruck, und da zugleich der M. cricoarytaenoideus posticus und lateralis

zusammenwirkend, nach Anderen der erstere allein, die Stimmritze offen halten, strömt nun in Folge des geringeren Druckes die atmosphärische Luft in den Thorax ein. Das Zwerchfell kann dabei nicht gleichmässig in seiner ganzen Ausdehnung nach abwärts gehen, indem sein mittlerer Theil durch seine Verbindung mit dem Herzbeutel und den Mediastinalplatten relativ fest gehalten ist; es flacht sich also namentlich in seinen seitlichen Partien, da, wo es unter den Lungen liegt, ab. Indessen kann auch der Stand des mittleren Theiles nicht so unveränderlich sein, wie man wohl zu glauben geneigt sein möchte, da die Lage des Herzens sich je nach dem Contractionszustande des Zwerchfells nicht unbeträchtlich ändert, wie man dies am besten beim tonischen Zwerchfellkrampf erfährt, wenn man mittelst der links am Processus xiphoideus eingedrückten Finger den Herzstoss untersucht.

Indem sich das Zwerchfell zusammenzieht, erweitert es den Thorax nicht nur in seinem Durchmesser von oben nach unten, sondern es erweitert ihn auch in seinem transversalen Durchmesser und in seinem Durchmesser von vorn nach hinten. Es kann auf den ersten Anblick auffallend erscheinen, dass ein Muskel, der sich ringsum an dem unteren Umfange des Thorax ansetzt, bei seiner Contraction den Umfang des Thorax vergrössern soll, aber nichts desto weniger ist dies der Fall. Man muss bedenken, dass der untere Umfang der Brusthöhle zugleich der obere Umfang der Bauchhöhle ist, dass die Wand des Thorax sich direct in die Bauchwand fortsetzt. Wenn nun das Zwerchfell sich zusammenzieht, drückt es auf die Eingeweide, und da diese nicht anders als nach vorne und nach den Seiten ausweichen können, so drücken sie die Bauchwand nach vorne und nach den Seiten heraus, und da, wie gesagt, die Bauchwand sich direct in die Wand des Thorax fortsetzt, so ist die Folge davon, dass auch der untere Umfang des Thorax erweitert wird.

Das Zwerchfell besorgt die ruhige Inspiration beim Manne fast ausschliesslich, indem sich bei ihm die oberen Partien des Thorax in der Regel fast gar nicht erweitern, die Rippen sich fast gar nicht heben. Anders ist es bei den Weibern, bei denen meist schon durch ihre Kleidung die Zwerchfellsathmung eingeschränkt ist. Bei ihnen sieht man deutlich, dass sie auch mit dem oberen Theile des Thorax athmen, und dass sie dies selbst dann noch thun, wenn sie auch durch ihre Kleidung in der Zwerchfellsathmung nicht eingeschränkt sind.

Wenn der Thorax mittelst der Rippen erweitert werden soll, so geschieht dies, indem die Rippen so gehoben werden, dass das Sternum nach vorn und nach aufwärts geht, dass also die Neigung der Rippen gegen den Horizont vermindert wird; ferner geschieht es aber auch dadurch, dass sich jede einzelne Rippe um eine von vorn nach hinten gerichtete Axe dreht, so dass die Convexität der Rippe stärker nach auswärts gewendet wird, während sie bei der Exspiration mehr nach abwärts gewendet ist. Durch erstere Action wird der Thorax von vorn nach hinten erweitert, durch die letztere Action, durch das Drehen der Rippen um eine von vorne nach hinten gehende Axe, wird der Thorax in seinem queren Durchmesser erweitert.

Welche Muskeln können sich nun an dieser Bewegung betheiligen, welche Muskeln sind ausser dem Zwerchfell noch Inspirationsmuskeln? Die Antwort darauf lautet: Alle diejenigen Muskeln, welche die Rippen

heben können und dabei vom Stamme zu den Rippen gehen, wie dies z. B. beim Serratus posticus superior und bei den Levatores costarum der Fall ist, aber nicht diejenigen Muskeln, welche vom Schultergürtel zu den Rippen hingehen, und zwar deshalb nicht, weil die Respirationsbewegung unabhängig sein muss von der Thätigkeit der Extremitäten. Wenn man denkt, dass ein Holzhauer, wenn er mit seinen Armen arbeitet, dazu dieselben Muskeln verwenden sollte, welche er für die gewöhnliche Inspiration braucht, so würden arge Collisionen entstehen, indem Niemand zweien Herren dienen kann, und auch dieselben Muskeln nicht zugleich den Respirationsbewegungen und der Arbeit der Arme dienen können. Selbst der Serratus anticus major, obgleich er durch die Rhomboidei mit dem Stamme verbunden ist, ist kein Inspirationsmuskel, weil zwischen ihm und den Rhomboideis das Schulterblatt mit seinem hinteren Rande eingeschaltet ist, und somit von den Bewegungen dieser Muskeln, des Serratus anticus major und der Rhomboidei, die Bewegungen des Schulterblattes und damit bis zu einem gewissen Grade die Bewegungen der oberen Extremität abhängen. Nur bei Dyspnoe, bei gewaltsamer Anstrengung zur Inspiration, wo die Inspirationsmuskeln zuletzt ermüden, da stemmen die Kranken die oberen Extremitäten an, um alle Theile des Schultergürtels festzustellen und nun Muskeln mit für die Inspiration arbeiten zu lassen, welche für gewöhnlich dabei keine Hilfe leisten.

Wenn der Thorax erweitert wird, so wird dabei anfangs durch den Druck auf die Baucheingeweide die Bauchwand nach aussen getrieben. Wenn Sie die Hand auf die Magen- und obere Bauchgegend legen und langsam inspiriren, so werden Sie finden, dass die Hand gehoben wird: wenn Sie aber dann weiter inspiriren, so werden Sie zuletzt an eine Grenze kommen, wo die Hand nicht mehr gehoben wird, und wenn Sie die Hand über den Nabel hinlegen, so werden Sie bemerken, dass zuletzt dieser Theil des Bauches eingezogen wird. Das geht so zu, dass sich zuerst das Zwerchfell zusammenzieht, das drückt die Baucheingeweide nach aussen; dann aber werden die Rippen immer mehr gehoben und wenden ihre Convexität immer mehr nach aussen, dadurch wird der untere Thoraxumfang immer mehr erweitert, und zugleich wird das Zwerchfell, obgleich im contrahirten Zustande, in die Höhe gehoben. Dadurch wird Raum gemacht, und da die Baucheingeweide immer nur einen bestimmten Raum einnehmen, so sinken die Bauchdecken jetzt wiederum ein.

Es wird angegeben, dass bei der tiefen Inspiration sich die Länge des Körpers um ein Geringes vermehre, und dass sie bei der Exspiration sich um ein Geringes vermindere. Es ist jedoch nicht gewiss, ob dies allgemein ist; es scheint, dass es zwar häufig, aber nicht immer der Fall ist.

Für die ruhige Exspiration sind keine Muskeln thätig, wie für die ruhige Inspiration. Die ruhige Exspiration erfolgt durch elastische Kräfte. Indem inspirirt worden ist, sind Spannkräfte erzeugt worden, erstens indem die Bauchdecken stärker gespannt wurden, zweitens indem die in den Baucheingeweiden enthaltenen Gase zusammengedrückt wurden, und endlich sind Spannungen erzeugt worden in dem in seinen Wänden mehr oder weniger biegsamen Thorax. Wenn die Contraction der Inspirationsmuskeln nachlässt, so setzen sich die in dieser Weise angehäuften Spannkräfte wieder in lebendige Kraft um, der Thorax, die

Baucheingeweide und das Zwerchfell gehen wieder in die Exspirationslage über. Dass dem so sei, erhellt schon daraus, dass bei Sterbenden der Thorax in die Exspirationslage übergeht. Es ist zwar neuerlich behauptet worden, dass man an Leichen eine Mittellage finde, zwischen Inspirationslage und Exspirationslage. Das bezieht sich aber auf die Zeit der Todtenstarre und auf die Wirkung gewisser Bewegungen, der sogenannten Sommers'schen Bewegungen, von welchen wir später noch sprechen werden. Unmittelbar nach dem Tode tritt immer die ruhige Exspirationslage ein, freilich nicht die gewaltsame Exspirationslage, welche man hervorrufen kann, wenn man eine Reihe von Muskeln zusammenzieht, die einerseits die Baucheingeweide zusammendrücken und dadurch das Zwerchfell in die Höhe treiben, andererseits die Rippen nach abwärts ziehen und dadurch den Thorax verengern. Diese werden nur dann in Thätigkeit versetzt, wenn gewaltsam, wenn mit einem Hinderniss exspirirt wird, wenn geblasen oder gehustet oder geniest wird, oder wenn man aus irgend welchem Grunde seine Lunge so viel als möglich von der darin enthaltenen Luft entleeren will. Es sind dies, wie Sie leicht einsehen werden, die Bauchmuskeln, der Quadratus lumborum, der Sacrolumbalis u. s. w., kurz alle Muskeln, welche einerseits die Bauchhöhle verengern können, und dadurch mittelst der Eingeweide das Zwerchfell in die Höhe treiben, andererseits die Rippen nach abwärts ziehen und dadurch den Querdurchmesser und den Tiefendurchmesser des Thorax, den Durchmesser von vorn nach hinten, verkleinern. Die Wirkung dieser Muskeln ist leicht verständlich und ergibt sich schon aus der anatomischen Betrachtung derselben. Der Serratus posticus inferior hat eine Componente, mit der er die Rippen nach abwärts zieht, und ist durch diese Exspirationsmuskel, ausserdem wirkt er aber nach Landerer auch bei der Inspiration. Wenn nämlich diese Componente durch antagonistisch wirkende Muskelmassen unwirksam gemacht ist, so zieht er die unteren Rippen nach rückwärts, eine Bewegung, die bei der Inspiration thatsächlich stattfindet. Zu wesentlichen Meinungsverschiedenheiten haben die Intercostalmuskeln Veranlassung gegeben. In früherer Zeit hat man im Allgemeinen schlechtweg die Intercostales externi für Inspirationsmuskeln und die Intercostales interni für Exspirationsmuskeln erklärt. Das beruht auf einem Schema, welches der alte Physiolog Hamberger aufgestellt hatte. Er stellte sich je zwei benachbarte Rippen als zwei Schienen $a\,b$ und $c\,d$ vor, welche Theile eines Parallelogrammes bilden. Dann waren die Fasern der Intercostales externi von hinten und oben nach vorn und unten, und die Fasern der Intercostales interni von vorn und oben nach hinten und unten gespannt. Wenn sich nun die Fasern der Intercostales externi (Fig. 50 $\alpha\,\beta$) verkürzten, so mussten die Rippen gehoben werden, sie mussten einen kleineren Winkel machen mit dem Horizonte, und also in die Inspirationslage übergehen; wenn dagegen die Intercostales interni (Fig. 50 $\delta\,\gamma$)

Fig. 50.

sich zusammenzogen, so mussten die Rippen sich nach abwärts bewegen, sie mussten also in die Exspirationslage übergehen. Aber dieses Schema ist nicht auf alle Partien der Intercostalmuskeln gleich anwendbar, namentlich der Brusttheil der Intercostales interni fügt sich ihm schlecht. Es hat sich deshalb die Ansicht geltend gemacht, dass nicht blos die Intercostales externi, sondern auch die Intercostales interni Inspirationsmuskeln seien. Man hat gesagt: Was thuen beide Intercostales, sowohl interni als externi? Beide nähern die Rippen einander; folglich, wenn die obere Rippe gehoben worden ist, und ihr alle nach einander so viel als möglich genähert werden, so werden sie sämmtlich gehoben, was eben für die Inspiration charakteristisch ist. Man kann indess durch einen einfachen Versuch zeigen, dass diese Betrachtung nicht Stich hält. Es ist Jedermann bekannt, dass bei gesunden Menschen bei der Inspiration das Sternalende der Clavicula und mit ihm das Manubrium sterni in die Höhe geht. An das Manubrium sterni heftet sich die erste Rippe an, also auch diese geht mit in die Höhe. Andererseits ist es durch vielfache Versuche festgestellt, dass die letzte Rippe sich bei der Inspiration mit ihrem Ende nicht nach aufwärts, sondern nach rückwärts bewegt. Ferner wird, wie wir gesehen haben, der Thorax bei der Inspiration convexer. Wenn Sie sich nun in der Exspirationslage ein Band vom Manubrium sterni herübergelegt denken über den Thorax zur letzten Rippe hin, so folgt dieses Band ungefähr der Richtung der Fasern der Intercostales interni. Wenn also die Intercostales interni Inspirationsmuskeln wären, so müsste dieses Band in der Inspirationslage ein kürzeres Maass ausweisen, mit anderen Worten, der Weg des Bandes vom Manubrium sterni bis zur letzten Rippe müsste ein kürzerer werden. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass dies nicht möglich ist und dass es auch nicht der Fall ist. Das Manubrium sterni geht in die Höhe, die letzte Rippe bewegt sich nach hinten, der Thorax wird convexer, also kann unmöglich der Weg, welchen das Band macht, kürzer werden und eben so wenig die Summe der Fasern der Intercostales interni.

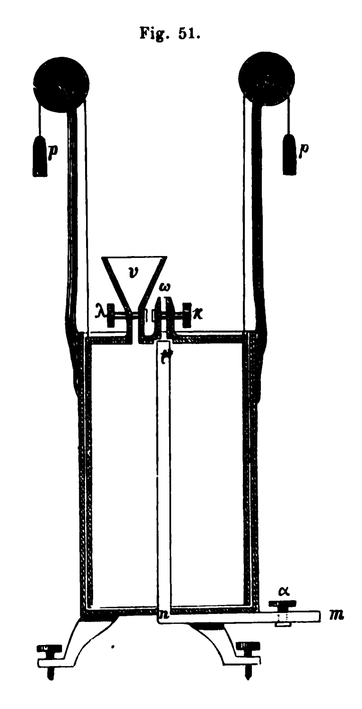
Die Intercostalmuskeln haben offenbar einen wesentlichen Nutzen darin, dass sie die gleichmässige Spannung der Intercostalräume erhalten. Sie thuen dies bekanntlich so lange, als auch die Lunge, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, ihre Elasticität oder, richtiger gesagt, ihre organische Contractilität hat: sie thuen dies besser als eine elastische Membran, weil eine solche bei der Bewegung der Rippen immer in zwei verschiedenen Richtungen ausgezogen werden würde, während man hier gekreuzte Faserzüge hat, welche stets die gleichmässige Spannung des Intercostalraumes erhalten. Andererseits können die Intercostalmuskeln wirken als Dreher des Körpers, indem namentlich bei Kindern der Körper nicht nur im Lendentheil, sondern auch im Thoraxtheile einer schraubenförmigen Drehung fähig ist.

Spirometrie.

Man hat die Kraft gemessen, mit der die Inspirationsmuskeln die Luft einziehen können, und hat die Kraft gemessen, mit der die Exspirationsmuskeln die Luft herausdrücken können. Es ist dies die

sogenannte Manometrie der Lunge, welche namentlich in neuerer Zeit von Waldenburg cultivirt worden ist. Er hat dabei unter anderem gefunden, dass bei Tuberculösen die Kraft geschwächt ist, mit der sie die Luft in die Lunge einziehen, während umgekehrt, bei Individuen, welche am Emphysem leiden, die Kraft geschwächt ist, mit welcher sie die Luft aus den Lungen auszutreiben im Stande sind. Man hat ferner die Menge der Luft gemessen, welche beim ruhigen Athmen von verschiedenen Individuen mit einem Athemzuge oder in einer Reihe von Athemzügen (siehe S. 456) ein- und ausgeathmet wurde. Man hat aber auch die Menge Luft gemessen, welche man, nachdem man möglichst tief eingeathmet hat, wieder ausathmen kann, wenn man möglichst tief ausathmet, und dieser letzte Punkt soll uns hier näher beschäftigen. Auf ihn gründet sich die sogenannte Spirometrie. Hutchinson machte zuerst darauf aufmerksam, dass es von diagnostischem und prognostischem Interesse sein könne, gerade diese Quantität bei verschiedenen Individuen zu messen, und er construirte zu diesem Zwecke ein Instrument, welches er mit dem Namen des Spirometers belegte. Es besteht aus zwei Cylindern, von denen der eine oben offen ist, der andere unten offen und oben geschlossen, und welche nach dem Principe des Gasmotors in einander gestürzt sind. Von dem inneren Cylinder verlaufen zwei Schnüre nach aufwärts, welche über ein paar Rollen gehen und Gewichte (*pp* Fig. 51) tragen, durch die der Cylinder aequilibrirt ist, so dass ihn das eintretende Gas unter möglichst geringem Widerstande hebt. Als Sperrflüssigkeit bediente man sich ursprünglich des Wassers. Es ist aber besser, sich bei diesen messenden Versuchen als Sperrflüssigkeit der concentrirten Chlorcalciumlösung zu bedienen, weil diese von den exspirirten Gasen viel weniger absorbirt, als das Wasser, und deshalb die Resultate genauer werden. Soll das Instrument gebraucht werden, so öffnet man die Hähne $\varkappa$ und λ und giesst durch den Trichter *v* die Sperrflüssigkeit ein, bis sie den inneren Cylinder und den Raum zwischen innerem und äusserem Cylinder ganz erfüllt, ohne jedoch bei *t* in das Rohr *tnm* hineinzufliessen. Dann schliesst man beide Hähne. An *m* ist ein weiter Kautschukschlauch mit einem Mundstücke befestigt. Man löst die etwa beengenden Kleider, athmet in aufrechter Stellung möglichst tief ein, schliesst die Gaumenklappe, öffnet den Hahn α und athmet langsam und stetig in das Mundstück aus, so lange man es vermag. Die Ausathmungsluft geht durch das Rohr *mnt*, tritt bei *t* aus, verbreitet sich unter dem Boden des inneren

Fig. 51.



Cylinders und hebt den letzteren, während sich die Gewichte pp senken. Nachdem man alle Luft ausgeathmet hat, schliesst man den Hahn α.

Die Höhe, zu welcher der Cylinder gehoben worden ist, liest man an dem Hutchinson'schen Instrumente an einer angebrachten Theilung ab. Da der innere Cylinder von oben nach unten geaicht, d. h. das Volum, welches verschiedenen Höhen entspricht, evaluirt ist, so erhält man hierdurch zugleich das Volum der Luft, die sich über dem Spiegel der Sperrflüssigkeit angesammelt hat. Da aber die Aequilibrirung unvollkommen ist, so ist der Druck, unter dem diese Luft steht, nicht nothwendig dem der Atmosphäre gleich. Man hat deshalb an verschiedenen Spirometern verschiedene Vorrichtungen, um gleichzeitig das äussere und innere Niveau der Sperrflüssigkeit beobachten zu können. Man hebt oder senkt den inneren Cylinder so lange, bis beide gleich hoch stehen, und liest dann ab.

Soll ein neuer Versuch gemacht werden, so öffnet man den Hahn $\varkappa$, drückt den inneren Cylinder, während die Luft bei ω entweicht, wieder in seine ursprüngliche Lage hinab und schliesst den Hahn $\varkappa$ wieder. Dann beginnt man wie beim ersten Versuche.

Hutchinson, der solche Versuche an einer grossen Anzahl von Individuen vornahm, fand, dass die Vitalcapacität, so nannte er die Differenz der Luftmengen im Thorax zwischen tiefster Inspirations- und tiefster Exspirationsstellung, bei verschiedenen Individuen sehr verschieden sei, und er suchte nun zu ermitteln, wovon ihre Grösse abhänge. Er verglich zu diesem Zwecke zunächst gesunde Individuen. Er bestimmte ihr Körpergewicht, er bestimmte den Umfang ihres Thorax und ihre Körperlänge. Er fand, dass die Vitalcapacität durchaus unabhängig sei von dem Körpergewichte, dass manchmal sehr schwere Individuen, wenn sie zugleich sehr fettleibig waren, ein geringes Luftvolum ausathmeten, während andere, gracile Individuen, die viel leichter waren, eine grössere Vitalcapacität hatten. Er fand, dass auch der Thoraxumfang keinen directen Einfluss auf die Vitalcapacität hatte, wohl aber die Körperlänge, und zwar in so entscheidender Weise, dass unter gesunden Individuen für je $2\frac{1}{2}$ Cm. Körperlänge mehr ein Plus an Ausathmungsluft, an Vitalcapacität, von 131 Kcm. hinzukam. Er hat dies in einer Tabelle ersichtlich gemacht, in der er die nach diesem Index berechneten Werthe mit den wirklich gefundenen zusammenstellt.

Körperlänge in Centimetern			Athmungsgrösse in Kubikcentimetern (gefunden)	(berechnet)
152	bis	154,5	2870	2870
154,5	„	157	2902	3001
157	„	159,5	3100	3132
159,5	„	162	3165	3263
162	„	164,5	3296	3394
164,5	„	167	3510	3525
167	„	169,5	3656	3656
169,5	„	172	3739	3787
172	„	174,5	3887	3918
174,5	„	177	4034	4049
177	„	179,5	4051	4180
179,5	„	182	4248	4311

Diese Zahlen wurden am wesentlichsten alterirt durch das Lebensalter, indem junge Individuen bei gleicher Körperlänge stets eine grössere Vitalcapacität hatten, als ältere Individuen, was sich aus der grösseren Biegsamkeit ihres Thorax, aus der grösseren Beweglichkeit ihrer Rippen erklärt.

Bei Brustkranken fand Hutchinson sehr bedeutende Abweichungen. Er fand, dass bei allen tuberculösen Individuen die Vitalcapacität sehr bedeutend herabgesetzt war. Er schlägt deshalb vor, das Spirometer zu diagnostischen Zwecken zu benützen, indem er angibt, dass damit unter Umständen beginnende Tuberculose diagnosticirt werden könne, selbst wenn die physikalischen Symptome der Auscultation und Percussion dieselbe noch nicht erkennen lassen.

Es kann wohl zweifelhaft sein, ob dieses Instrument in vielen Fällen frühere und sichrere Anzeichen der beginnenden Tuberculose gibt, als sie die Auscultation und Percussion geben kann; aber einen Vorzug hat es ohne Zweifel, nämlich den, dass seine Anwendung nicht wie die des Stethoskops und des Plessimeters die Kenntnisse und die Geschicklichkeit eines Arztes verlangt. Es können auch Laien damit umgehen; es kann z. B. in dem Bureau einer Lebensversicherungsanstalt oder einer Witwensocietät ein solches Instrument aufgestellt sein, damit jeder, der in die Gesellschaft aufgenommen werden will, hier Proben seiner Vitalcapacität ablegen kann. Die wesentlichste Fehlerquelle bei den Bestimmungen mit dem Spirometer liegt, abgesehen von den individuellen Abweichungen von der Regel, welche vorkommen, in zwei Dingen: Erstens darin, dass man es durch Uebung an dem Instrumente zu einer grösseren Vitalcapacität bringt. Jemand, der zum ersten Male in ein solches Instrument hineinbläst, zeigt in der Regel nicht seine wahre Vitalcapacität. Er muss sich einigermassen eingeübt haben, um mit der hinreichenden Langsamkeit, Ruhe und Stetigkeit auszuathmen, um wirklich alle Luft vollständig in das Instrument hineinzubringen. Eine zweite wesentliche Fehlerquelle liegt darin, dass die Vitalcapacität eine verschiedene ist, je nachdem der Bauch voll, oder je nachdem er leer ist, indem die Beweglichkeit des Zwerchfelles von der Völle und Leerheit der Baucheingeweide abhängt. Sie wissen, dass man Pferden vor dem Rennen Abführmittel gibt, damit ihr Zwerchfell beweglicher werde. Auch der Mensch kann, wenn er seinen Magen gefüllt hat, sein Zwerchfell nicht so weit nach abwärts bringen, wie er es vermag, wenn derselbe leer ist. Es gibt deshalb das Spirometer nicht unter allen Umständen an demselben Individuum dasselbe Resultat.

Die Bewegungserscheinungen.

Molekularbewegung.

Sprechen wir, um mit dem Kleinsten anzufangen, zunächst von der sogenannten Molekularbewegung. Robert Brown, der berühmte englische Botaniker, entdeckte, dass kleine Körperchen, welche in einer Flüssigkeit flottiren, unter dem Mikroskope niemals ruhig, sondern in

einer steten zitternden und zugleich fortschreitenden Bewegung begriffen sind. Er nannte dies Molekularbewegung. Man glaubte anfangs, dass diese Bewegung nur organischen Substanzen eigen sei, aber später hat man sich überzeugt, dass nicht nur leblose Substanzen, wie z. B. Gummigutt oder die Körner von Tusche, sondern dass auch anorganische Substanzen, z. B. Schwefel, der aus seinen Lösungen im fein vertheilten Zustande gefällt worden ist, unter dem Mikroskope dieselben Erscheinungen zeigen. Eine wesentliche Frage, welche zu lösen war, war die, ob die Körnchen sich in der Flüssigkeit bewegen, oder ob Bewegungen, kleine Strömchen, in der Flüssigkeit vorhanden sind, durch welche die Körner in Bewegung gesetzt werden, indem sie wie ein Gegenstand, welchen man in einen Bach hineinwirft, mit dem Strome fortgerissen werden. Man ist zu dem Resultate gekommen, dass das letztere der Fall sei. S. Exner, der sich vor einigen Jahren eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, ist auch zu dieser Ansicht gelangt, und zwar aus folgenden Gründen. Erstens sieht man sehr häufig zwei Körnchen lange Zeit mit einander denselben Weg verfolgen, ohne dass sie mit einander zusammenhängen. Man sieht sie manchmal sich um ein Geringes von einander entfernen, dann sich wieder etwas nähern, aber im Allgemeinen sieht man sie denselben Weg durch das Sehfeld machen. Das würde nur die Sache eines seltsamen Zufalles sein, wenn die Bewegung von den Körnchen selbst ausginge; es erklärt sich aber sehr leicht, wenn man annimmt, dass Ströme existiren, welche die Körnchen mit sich reissen, denn dann braucht man, um die angeführte Thatsache zu erklären, nur anzunehmen, dass zwei solche Körnchen in eine und dieselbe Strömung hineinkommen. Der zweite wesentliche Grund, den Exner aufführt, ist der, dass mit der Menge der suspendirten Körnchen die Intensität der Bewegung derselben abnimmt. Wenn die Bewegung von den Körnchen ausginge, so müsste mit jedem neuen Körnchen, das hinzukommt, auch neue Bewegungsursache mit in die Flüssigkeit hineinkommen; wenn aber die Bewegung von der Flüssigkeit abhängt und die Körnchen nur passiv sind, so muss sich dieselbe Bewegungssumme in ihrer Wirkung auf eine grössere Masse von Körnchen vertheilen, sobald eine grössere Menge von Körnchen hineinkommt. Die Ströme verlieren ja an lebendiger Kraft das, was sie an die festen Theile an die Körnchen übertragen, so dass sie in derselben Weise geschwächt werden, wie z. B. der Wind dadurch geschwächt wird, dass er Windmühlen treibt, indem die Strömung der Luft weniger schnell ist, nachdem sie durch die Flügel der Mühle hindurchgegangen ist, als sie vorher war, als sie auf die Flügel der Mühle auffiel.

Eine weitere Frage ist die, woher die bewegenden Kräfte stammen, welche die Ströme verursachen. Da liegt es wohl am nächsten, nachdem gezeigt worden ist, dass die Verdunstung keinen Einfluss darauf hat, oder dass, richtiger gesagt, die Verdunstung nicht das Wesentliche ist, indem auch in gänzlich abgeschlossenen Flüssigkeitsmassen diese Bewegungen noch stattfinden, an die Wirkung des Lichtes und der Wärme zu denken. In der That haben die Versuche von Exner auch gezeigt, dass man durch strahlende Wärme die translatorische Geschwindigkeit der Körnchen auf das Doppelte erhöhen könne. Er mass mit dem Glasmikrometer unter dem Mikroskope den Weg, den ein bestimmtes Körnchen

in einer bestimmten Zeit zurücklegte, bald bei intensiver, bald bei weniger intensiver Strahlung, und fand auf diese Weise den Einfluss derselben aufs Deutlichste ausgeprägt. Aber es gelang ihm auch, diesen Einfluss mehr im Grossen zu zeigen. Es ist bekannt, dass sehr fein vertheilte Niederschläge, selbst wenn sie ein ziemlich hohes specifisches Gewicht haben, sich doch schwer absetzen. Wir haben schon bei Gelegenheit der Zuckerproben gesehen, dass, wenn sich das Kupferoxydul oder Oxydulhydrat in äusserst fein vertheiltem Zustande ausschied, dass es dann sich nicht oder nur sehr langsam zu Boden setzte und Stunden, ja Tage lang eine lehmfarbene Trübung in der Flüssigkeit hervorbrachte. In ähnlicher Weise kann man auch eine Gummiguttlösung bereiten, welche sich ausserordentlich schwer klärt, ausserordentlich schwer absetzt. Zu diesem Zwecke entzieht man dem Gummigutt das Arabin, welches es enthält, löst das eigentliche Harz des Gummis in Alkohol auf und fällt es daraus wieder durch Wasser. Dann scheidet es sich in höchst fein vertheiltem Zustande aus und trübt Tage lang die Flüssigkeit. Wenn man aber eine solche Flüssigkeit in einen dunklen Eiskeller bringt, klärt sie sich darin, indem nun die Bewegungsursachen in der Flüssigkeit nicht mehr vorhanden sind, und deshalb die Theilchen Zeit haben, sich abzusetzen. Wenn man andererseits eine solche klar gewordene Flüssigkeit wiederum in das Zimmer bringt und sie an das Fenster stellt, so steigt vom Gummigut eine Wolke auf, die sich höher und höher erhebt und sich endlich durch die ganze Flüssigkeit verbreitet. Ja diese Wolke durchdringt sogar vermöge der kleinen Strömchen eine poröse Scheidewand. Wenn man in eine solche Flüssigkeit einen Glascylinder hängt, den man unten mit Papier geschlossen hat, und in dem sich Wasser befindet, so geht Gummigutt durch das Papier und steigt in dem Cylinder in Gestalt einer gelblichen Wolke auf, indem durch die Strömungen, welche in der Flüssigkeit entstehen, die Theilchen des Gummigutt mitgerissen werden.

Da man nun ganz ähnliche Körnchenbewegungen, Bewegungen mit demselben Typus auch in lebenden Zellen, z. B. in den Speichelkörperchen beobachtet, so hat man auch diese Bewegung von Körnern mit dem Namen der Molekularbewegung bezeichnet, und man scheint in der That dabei stillschweigend angenommen zu haben, dass beide Arten von Bewegungen wesentlich dieselben seien und von derselben Ursache herrühren. Man kann dies jedoch nicht mit Sicherheit behaupten. Allerdings ist wohl kein Zweifel, dass auch die Molekularbewegung in den Zellen in mit Flüssigkeit gefüllten Räumen stattfindet. Wenn man ein farbloses Blutkörperchen, ein Eiterkörperchen frisch und lebenskräftig unter das Mikroskop bringt, so streckt es Fortsätze aus und zieht sie wieder ein, aber die Körnchen bewegen sich in der Regel nicht darin mit dem Typus der Molekularbewegung, sondern sie folgen passiv den Bewegungen, welche das Protoplasma macht. Wenn man nun aber zu der umgebenden Flüssigkeit etwas Wasser hinzusetzt, so dass die Zellen aufquellen, wodurch natürlich etwaige Räume in denselben sich mit Wasser füllen und dadurch grösser werden müssen, so sieht man die Körnchen innerhalb der Zellen in ganz ähnlicher Weise wie in den Speichelkörperchen sich mit einer zitternden Bewegung umherbewegen. Man kann aber nicht den Beweis führen, dass die Zelle als solche und die

Lebenseigenschaften der Zelle auf diese Bewegung gar keinen Einfluss haben; denn wenn die Zelle abstirbt, oder wenn man sie durch die Schläge eines Magnetelectromotors tödtet, so hört die Körnchenbewegung darin auf. Allerdings kann man dies damit in Zusammenhang bringen, dass mit dem Absterben der Zelle auch ein Gerinnungsprocess in derselben eintritt, so dass die Körnchen durch die gerinnenden Massen fixirt werden, in ähnlicher Weise, wie im gerinnenden Blute durch das sich ausscheidende Fibrin die Blutkörperchen fixirt werden. Bei andern Zellen aber, bei gewissen Pflanzenzellen kann man mit Bestimmtheit nachweisen, dass in der That die Lebenseigenschaften der Zelle einen Einfluss auf die Körnchenbewegung haben. Ich erinnere Sie an das Brennhaar von Urtica urens, von dem wir schon früher gesprochen haben, und welches aus einer einzigen grossen Zelle besteht, in welcher das Protoplasma in Gestalt des sogenannten Primordialschlauches ringsum an der durchsichtigen Wand gelagert ist und in der Mitte einen grossen, mit Intracellularflüssigkeit gefüllten Raum einschliesst. In diesem Protoplasma des Brennhaares bewegen sich Körnchen nicht etwa blos mit zitternder Bewegung, wie in den Speichelkörperchen, sondern sie circuliren in regelmässigem Strome. Dabei laufen wellenförmige Contractionen an diesem Protoplasma ab, man sieht eine Contractionswelle vorrücken, manchmal wieder verstreichen, manchmal sieht man auch das Protoplasma wieder in der entgegengesetzten Richtung zurückgehen. Wenn man die Schläge eines Magnetelectromotors hindurchleitet, so sieht man statt diesen typisch ablaufenden Wellen plötzlich kolbenartige Fortsätze, die aus dem Protoplasma herausfahren; sie werden in die intracelluläre Flüssigkeit hinein vorgestreckt, und zugleich hört die Körnchenbewegung auf. Hier ist das Aufhören der Körnchenbewegung sicher nicht die Folge eines Gerinnungsprocesses; denn wenn die Schläge nicht zu stark sind, so tritt nach dem Aussetzen derselben der frühere Zustand wieder ein, die kolbenartigen Fortsätze werden wieder eingezogen, die gewöhnlichen wellenförmigen Bewegungen im Protoplasma fangen wieder an, und zugleich sieht man den Strom der Körnchen wieder ruhig in dem Protoplasma fortgehen.

Pflanzenbewegungen.

Wenn wir die Bewegungen des Protoplasmas der einzelnen Pflanzenzellen und der einzelnen thierischen Zellen mit einander vergleichen, so finden wir grosse Aehnlichkeit zwischen denselben. Man hat aber nicht allein diese Pflanzenbewegungen mit thierischen Bewegungen verglichen, sondern man hat auch die Bewegungen ganzer Pflanzentheile, z. B. die Bewegungen der sogenannten Fliegenfalle, dann die Bewegungen von Desmodium gyrans und vor Allem die Bewegungen der Sinnpflanze, der Mimosa pudica, mit den thierischen Bewegungen verglichen. Um in dieser Beziehung Irrthümern vorzubeugen, muss ich auf die Bewegungen der Sinnpflanze, die einzigen, die gründlicher untersucht worden sind, hier näher eingehen. Vom Stamme der Sinnpflanze und ihren Aesten gehen gerade verlaufende Blattstiele aus, von denen jeder vier Blattstiele zweiter Ordnung trägt, an denen wiederum die Blättchen aufgereiht sind

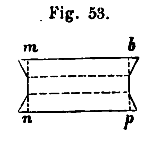
(Fig. 54—56). Am Tage sind die Blattstiele gehoben und die Blattstiele zweiter Ordnung auseinandergebreitet, wie wenn man die Finger einer Hand spreizt: die Blättchen sind auseinandergelegt, so dass sie mit ihren Flächen eine Ebene bilden. Wenn aber der Abend kommt, so senken sich die Blattstiele nach abwärts, die Blattstiele zweiter Ordnung legen sich aneinander, wie wenn man die Finger einer Hand durch Adduction an den Mittelfinger aneinander legt, und die Blättchen selbst richten sich auf, so dass sie mit den Seiten, die am Tage die oberen sind, einander berühren. In diese Nachtstellung kann man nun auch am Tage ein einzelnes Blatt und auch alle Blätter überführen, alle Blätter, wenn man die Pflanze gewaltsam erschüttert, ein einzelnes, wenn man von unten her an die Stelle rührt, wo der Blattstiel sich an den Stamm ansetzt. Hier befindet sich ein cylindrisches Gebilde, der sogenannte Gelenkwulst. Morphologisch erscheint er zunächst als eine stärkere Entwicklung der grünen Rindenschichte. Man kann ihn an seiner oberen Seite berühren, man kann ihn hier sogar leicht reiben, ohne dass das Blatt eine Veränderung erleidet; wenn man ihn aber von unten her anrührt, so sinkt das Blatt in die Nachtstellung herunter. Aehnliche Gelenkwülste, wie sie am Hauptblattstiele vorhanden sind, befinden sich auch an den Blattstielen zweiter Ordnung und endlich auch an den Stielen der einzelnen Blättchen, und wie die Bewegung des Hauptblattstieles hervorgerufen wird durch seinen Gelenkwulst, so wird auch die Bewegung der Blattstiele zweiter und dritter Ordnung hervorgerufen durch ihre Gelenkwülste.

Es fragt sich nun, auf welche Weise kommt dieses Herunterfallen des Blattes in die Nachtstellung zu Stande, und worauf beruht die sogenannte Reizbarkeit der Mimosa pudica? Es ist nach dem, was ich über die Gelenkswülste der Mimose gesagt habe, klar, dass sie die Blattstiele in ihrer Stellung erhalten, und dass von ihnen die Bewegungen ausgehen. Wenn man ein solches Gelenkstück näher untersucht, so findet man in der Mitte das Gefässbündel und zwischen demselben und der äusseren grünen Rinde eine Schicht von sehr succulenten Zellen, die auf der oberen, auf der unempfindlichen Seite des Gelenkwulstes verhältnissmässig dickwandig, auf der unteren Seite verhältnissmässig dünnwandig sind. Wenn man einen solchen Gelenkwulst quer durchschneidet, so zieht sich auf beiden Seiten ein Trichter ein. Es ist schon a priori sehr unwahrscheinlich, dass dies von einer Contraction des Gefässbündels herrühre, denn wie sollte ein solches Gefässbündel sich contrahiren können? Es ist viel wahrscheinlicher, dass vom Hause aus eine Spannung stattfindet zwischen den succulenten Zellen des Gelenkwulstes und dem Gefässbündel; so dass also, wenn man durchschneidet, der zellige Theil sich in der Richtung der Längsachse auszudehnen sucht, während das Gefässbündel sich nicht über seine frühere Länge verlängern kann. Dass dem wirklich so sei, davon kann man sich leicht überzeugen. Man schneidet das mittlere Stück des Gelenkwulstes aus. Fig. 52 zeige den Querschnitt des Gelenkwulstes vergrössert, *o* sei das in der Axe liegende Gefässbündel. Die geführten Schnitte seien *ac* und *bd*, so dass das Mittelstück *abcd* isolirt wird. Dasselbe hat dann, von der

Fig. 52.



Fig. 53.



Fläche gesehen, die Gestalt Fig. 53, weil sich der zellige Theil vorgedrängt und so an beiden Enden einen Trichter gebildet hatte. Nun schneidet man das Stück durch die Schnitte *mn* und *bp* (Fig. 53) an beiden Seiten rechtwinklig ab, so dass man jetzt ein rechteckiges Stück *mnpb* hat, in welchem sich in der Mitte das Gefässbündel und zu beiden Seiten die Wulststücke befinden. Jetzt spaltet man das Ganze der Länge nach, so bekommt man zwei Stücke, welche sich sofort bogenförmig krümmen, so dass entweder die äussere epidermoidale Seite länger, oder die Seite des Gefässbündels kürzer geworden sein muss. Was von beiden stattgefunden hat, kann man leicht ermitteln, wenn man vorher die Länge des Gefässbündels gemessen hat und nun an beiden Seiten der Stücke die Grösse der Sehnen und der Sinus versus misst, und auf diese Weise die Länge der Bögen berechnet. Man findet dann, dass das Gefässbündel seine Länge behalten, dass aber die epidermoidale Seite des Stückes sich ausgedehnt hat. In der lebenden Pflanze befindet sich also der Gelenkwulst in einer steten Spannung gegenüber dem Gefässbündel, welches in der Axe liegt. Es ist, als ob man durch ein durchbohrtes Kautschukstück einen unausdehnsamen Draht hindurchgezogen und nun mittelst einer Schraubenmutter an dem Ende des Kautschukstückes dasselbe zusammengepresst hätte, wie man die Kautschukstöpsel auf Bier- und Weinflaschen zusammenschraubt, um ihnen einen besseren Verschluss zu geben. Wenn also ein Blattstiel seine Lage verändert, so kann dies geschehen, indem die Spannung in der oberen Wulsthälfte stärker wird, oder dadurch, dass die Spannung in der unteren schwächer wird, oder endlich dadurch, dass beides zugleich geschieht.

Wir wollen zuerst untersuchen, ob bei der Reizung das Gelenk schlaffer oder straffer wird. Das kann man auf folgende Weise ermitteln. Denken Sie sich, Fig. 54 *a b* sei der Stamm einer Mimose, die in einem Gartentopfe steht, *cd* sei ein Blattstiel und *c e*, *c m*, *c n*, *c o* seien die

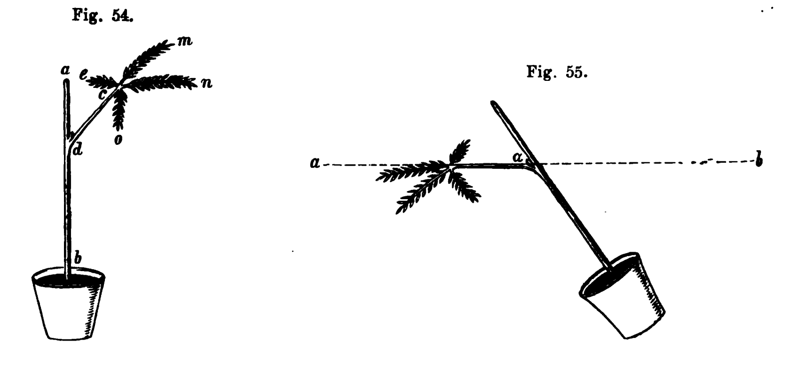


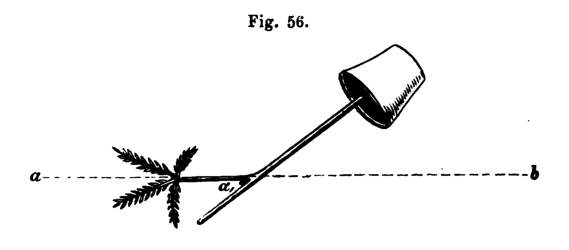
Fig. 54.

Fig. 55.

Blätter, welche sich daran befinden; so kann ich der Mimose ein solche Lage geben, dass der Blattstiel, an dem ich untersuchen will, horizontal steht. (Siehe Fig. 55.) Zu diesem Zwecke spanne ich im Zimmer horizontal einen Faden (Fig. 55 *a b*) aus und neige den Topf, den ich in der Hand halte, so lange, bis der Blattstiel genau horizontal steht. Dann messe ich den Winkel α, welchen er mit dem Stamme macht. Hierauf kehre ich die Pflanze um, verändere ihre Neigung so lange,

bis derselbe Blattstiel wiederum horizontal steht (siehe Fig. 56) und messe den Winkel $\alpha_{,,}$ den derselbe nun mit dem Stamme macht. Das erste Mal hatte die Schwere des Blattes dahin gewirkt, den Winkel α zu vergrössern, das zweite Mal wirkte sie dahin, den Winkel $\alpha_{,}$ zu verkleinern. Der Unterschied dieser beiden Winkel wird also um so grösser sein, je schlaffer das Gelenk ist, und wird um so kleiner sein, je straffer das Gelenk. Den Unterschied $\alpha - \alpha_{,}$ notire ich. Jetzt reize ich an der unteren Seite des Wulstes, indem ich ihn mit einem Bleistift oder einer Sonde berühre. Sogleich fällt das Blatt in seine Nachtstellung. Ich neige jetzt den Topf, bis der Blattstiel horizontal ist, und messe den Winkel, den ich jetzt $\alpha_{,,}$ nennen will; dann kehre ich den Topf um, wie in Fig. 56, und messe wieder den Winkel, den ich nun $\alpha_{,,,}$ nennen will. Ich finde dann, dass $\alpha_{,,} - \alpha_{,,,}$ mehrmals so gross ist, als die Differenz $\alpha - \alpha_{,}$, und dass mithin das Gelenk entschieden schlaffer geworden ist. Das Blatt fällt also in die Nachtstellung herunter, weil das Gelenk in seiner unteren Hälfte erschlafft ist. Dass es zunächst in seiner unteren Hälfte erschlafft ist und nicht in allen Theilen gleichmässig, das kann man daran sehen, dass der Stiel nicht ganz wieder in die Tagstellung übergeht, wenn man den Topf umkehrt, so dass das Blatt mit seiner Schwere zu Gunsten dieser wirkt.

Fig. 56.



Wie kommt diese Erschlaffung zu Stande? Wenn man die untere Seite des Wulstes beobachtet vor der Reizung und nach derselben, so sieht man, dass sich ein auffallender Farbenwechsel vollzieht. Die untere Wulstseite ist vor der Reizung hellgrün, nach der Reizung dunkelgrün. Wir haben gar keinen Anhaltspunkt dafür, anzunehmen, dass das Chlorophyll seine Farbe plötzlich verändern könne, wir können also diesen Unterschied nur herleiten davon, dass einmal Luft in den Intercellularräumen, welche hier namentlich gegen die Axe hin sehr stark entwickelt sind, enthalten sei, und das andere Mal Flüssigkeit. Das ist eine uns bekannte häufige Ursache der verschiedenen Färbung verschiedener Pflanzentheile. Wir wissen, dass, wo sich grosse mit Luft gefüllte Intercellularräume finden, die Farbe relativ hell ist, weil beim Uebergange des Lichtes aus den festen und flüssigen Theilen in luftförmige und umgekehrt viel Licht reflectirt wird: dass dagegen da, wo solche Lufträume nicht vorkommen, wo die Zellen entweder unmittelbar an einander gefügt, oder die Zwischenräume zwischen ihnen mit Flüssigkeit gefüllt sind, die Farbe relativ dunkel ist, weil dann die Reflexionen weniger wirksam sind. Wo kommt aber die Flüssigkeit her, welche sich in die Intercellularräume hineindrängt? Sie kann nicht gut anderswo, als aus den Zellen herkommen, und mit ihrem Uebertritte in die Intercellularräume muss eine Erschlaffung des Gelenkwulstes zusammenhängen; denn es ist klar, dass, wenn erst die ganze Flüssigkeit sich in den Zellen befindet und in den Intercellularräumen Luft, die Zellen dann praller gefüllt sein mussten, als sie es sind, nachdem sie so viel Flüssigkeit

abgegeben haben, dass sie die ganzen Intercellularräume damit anfüllten. Was kann aber die Ursache sein, dass die Flüssigkeit aus den Zellen in die Intercellularräume übergeht? Ich kann den Uebertritt local bewirkt haben dadurch, dass ich an die untere Wulstseite angerührt habe; denn hier befinden sich succulente Zellen unmittelbar unter der Oberfläche, die, wenn sie einen Druck erleiden, einen Theil ihrer Flüssigkeit in die Intercellularräume abgeben müssen. Die Flüssigkeit aber, welche in die Intercellularräume eintrat, konnte bewirken, dass auch alle übrigen Zellen einen Theil ihrer Flüssigkeit abgaben, und zwar aus folgendem Grunde. Denken Sie sich eine Röhre unten mit einer porösen Scheidewand geschlossen; denken Sie sich ferner in dieselbe Wasser gegossen, so können Sie den Druck desselben bis zu einer beträchtlichen Höhe treiben, ohne dass es durch den porösen Verschluss hindurchgeht, so lange sich unter derselben Luft befindet. Wenn Sie aber dann das untere Ende der Röhre mit seinem Verschlusse in ein Gefäss mit Wasser stellen, so beginnt die Filtration in Folge der Druckdifferenz zwischen dem Wasser innerhalb der Röhre und dem ausserhalb der Röhre. Ganz dasselbe muss mit dem Zelleninhalte stattfinden. So lange in den Intercellularräumen Luft ist, tritt die Flüssigkeit aus den Zellen relativ schwer in die Intercellularräume, und es kann deshalb in ersteren eine ziemlich hohe Spannung erreicht werden: wenn aber einmal die Aussenwände benetzt sind, so tritt die Flüssigkeit relativ leicht in die Intercellularräume hinein, so dass, wenn ein Saftaustritt an irgend einer Stelle des Wulstes erfolgt, sich der Process wie ein Lauffeuer durch den ganzen Wulst verbreitet.

Wir haben also gesehen, dass die Bewegung der Mimose auf mechanischen Reiz eine Turgescenzerscheinung ist, welche mit den thierischen Bewegungen nichts gemein hat. Man hat Bewegungen der Mimose auch eintreten gesehen auf electrische Schläge, man hat gesehen, dass, wenn man electrische Schläge durchgeleitet, die Blätter in ihre Nachtstellung übergegangen sind, und das hat wiederum Manche veranlasst, an einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Muskelbewegung zu denken. Auch das erklärt sich auf ganz andere Weise, weil wir ja gesehen haben, dass das Protoplasma der Pflanzenzellen durch electrische Schläge erregt wird, ja dass es sogar durch electrische Schläge zu Grunde gerichtet, getödtet werden kann. Es ist also sehr leicht möglich, dass durch die Einwirkung der electrischen Schläge auf das Protoplasma ein ganz ähnlicher Erfolg erzielt wird, wie durch das Berühren der unteren Wulsthälfte.

Bis jetzt haben wir uns nur beschäftigt mit den Bewegungen, welche auf Reize eintreten. Sie treten natürlich in gleicher Weise ein, wenn man die ganze Pflanze erschüttert. Wenn man ihr einen Stoss gibt, dann macht die so erzeugte Bewegung in den Gelenkwülsten dasselbe, was ich sonst local hervorgebracht habe, wenn ich mit dem Bleistifte an den Gelenkwulst rührte. Aber wie erklären sich die Tag- und Nachtstellungen? Ist die Nachtstellung wirklich identisch mit demjenigen Zustande, welcher eintritt, wenn ich die Pflanze gereizt habe? Die Antwort lautet, dass dies keineswegs der Fall sei. Ich gehe hier wiederum zu meinem alten Versuche zurück, ich untersuche nunmehr, ob in der Tagstellung oder in der Nachtstellung das Gelenk straffer oder

schlaffer sei, und jetzt finde ich, dass das Gelenk in der Nachtstellung keineswegs schlaffer, sondern im Gegentheile noch etwas straffer ist, als in der Tagstellung. Wir haben es hier wiederum mit einer Turgescenzerscheinung zu thun, aber mit einer Turgescenzerscheinung anderer Art, indem sich der Saft in der Pflanze im Lichte und im Dunkeln offenbar in verschiedener Weise vertheilt, so dass während des Tages die untere Wulsthälfte die stärker turgescirende ist, während umgekehrt in der Nacht die obere Wulsthälfte die stärker turgescirende wird, auf diese Weise den Blattstiel nach abwärts drückt und das ganze Blatt in die Nachtstellung überführt.

Auch am Tage gehen die Mimosen in die Nachtstellung über, wenn man sie in einen dunklen Kasten einsperrt. Man kann sie auf diese Weise auch während des Tages in ihrer Nachtstellung erhalten, aber sie überschlafen sich dabei gewissermassen. Wenn man eine solche Mimose am Abende, wenn die am Fenster stehenden ihre Blätter schliessen, aus dem Kasten nimmt und ans Fenster stellt, dann thut sie sich wieder auf und geht später als die übrigen in die Nachtstellung über.

Eine andere durch ihre Bewegungen interessante Pflanze ist Desmodium gyrans. Sie hat ebenfalls solche Gelenkwülste, an denen sich aber, weil sie äusserst zart sind, nicht so gut experimentiren lässt, als an denen der Mimose. Wenn diese Pflanze im warmen Hause steht und von der Sonne beschienen wird, so macht sie ein eigenthümliches Spiel mit zwei Nebenblättchen, die zu jeder Seite am Blattstiele des Hauptblattes stehen. Diese beiden Blättchen gehen dann alternirend herauf und herunter. Dabei hat das Desmodium gyrans auch noch eine andere Bewegung zwischen Tag- und Nachtstellung. Am Tage ist es gespreizt, am Abend legen sich alle Theile eng um die Axe zusammen. Auch diese Bewegung und die der zahlreichen anderen Pflanzen, welche auffallende, für das blosse Auge sichtbare Bewegungen zeigen, haben bis jetzt keinen ernstlichen Anhaltspunkt geboten, um sie mit den thierischen Bewegungen in eine Reihe zu stellen.

Sarkode, Protoplasma.

Gehen wir jetzt zu den thierischen Bewegungen über, so finden wir, dass schon früher, ehe der Begriff des Protoplasmas in der Weise ausgebildet war, wie es jetzt der Fall ist, und ehe man die Bewegungen an Zellen der höheren Thiere, z. B. die Bewegungen der farblosen Blutkörperchen, kannte, es den Beobachtern schon aufgefallen war, dass bei niederen Thieren sich ganze Organe und der ganze Leib bewegen, ohne dass sich histologisch Muskelfasern in denselben nachweisen liessen. Sie bemerkten, dass hier die Contractionsrichtung überhaupt nicht in einer bestimmten Weise, wie bei den Muskeln vorgezeichnet war, sondern dass sie sich fortwährend änderte. Solche sich in verschiedener Form zusammenziehende Massen bezeichnete man mit dem Namen der Sarkode, von σάρξ, Fleisch. Die Sarkode ist in ihren physiologischen Eigenschaften namentlich von Kühne an den Amöben und an den Fortsätzen, welche andere Rhizopoden ausstrecken, untersucht worden, und es hat sich als wesentlicher Unterschied von der Muskelsubstanz gezeigt: erstens, dass die Sarkode nicht so leicht durch Rhodankalium vergiftbar ist, wie

die Muskeln, zweitens, dass die Sarkode nicht so leicht zu Grunde geht in 1% Chlorwasserstoffsäure, wie dies bei den Muskelfasern der Fall ist, endlich dass sie bei einer Temperatur von 35° schon erstarrt, schon abstirbt, in den sogenannten todtenstarren Zustand übergeht, von dem wir später bei den Muskeln sprechen werden. Das letztere gilt aber nur für die Amöben; auf das Protoplasma im Allgemeinen und speciell auf das der warmblütigen Thiere können wir es natürlich nicht übertragen, weil wir wissen, dass dasselbe im menschlichen Körper und im Körper der warmblütigen Thiere bei einer Temperatur von 38°, ja sogar von 40 und einigen Graden seine vollen Lebenseigenschaften hat.

Wir haben bis jetzt die Bewegungen des Protoplasmas nur an einzelnen Zellen, und zwar mit Hilfe des Mikroskopes kennen gelernt; das Protoplasma gibt aber auch zu Erscheinungen Veranlassung, welche man mit blossem Auge verfolgen kann. Es ist bekannt, dass eine Reihe von Amphibien und Fischen ihre Farbe verändert, es ist bekannt, dass die Frösche bald mehr dunkelfarbig sind, bald mehr hellfarbig. Das rührt daher, dass sich in ihrer Haut Pigmentzellen befinden, welche Fortsätze ausstrecken können und diese Fortsätze wieder einziehen. Das Pigment bewegt sich hier mit dem Protoplasma, so dass also, wenn die Protoplasmafortsätze ausgestreckt sind, das in dem Zellenleibe abgelagerte Pigment auf einen grösseren Raum vertheilt wird und die Thiere dunkler werden, während umgekehrt, wenn die Fortsätze eingezogen werden, die Thiere heller werden. Man kann das sehr gut an Rana temporaria beobachten; wenn man die Schwimmhaut derselben unter dem Mikroskope aufspannt, so ist sie anfangs ganz mit schwarzen Linien bedeckt; wenn sie aber einige Zeit ausgespannt ist, so ist alles Pigment in kleine Klümpchen gesammelt. Auch der Laubfrosch hat einen sehr auffallenden Farbenwechsel, indem er das eine Mal schön lichtgrün ist, während er das andere Mal braungrün, olivenfarben, fast schwärzlich ist. An Fischen hat man auch mehrfach Farbenwechsel beobachtet, und namentlich sind in neuerer Zeit in Frankreich an den Steinbutten Untersuchungen über denselben angestellt worden. Dasjenige Thier aber, welches durch seinen Farbenwechsel die meiste Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, und welches auch am meisten untersucht worden ist, ist das Chamäleon, und mit diesem wollen wir uns jetzt näher beschäftigen, weil die Bewegungen des Protoplasmas und deren Abhängigkeit vom Centralnervensysteme für uns eine nicht unbedeutende Tragweite haben.

Es ist gesagt worden, das Chamäleon könne alle verschiedenen Farben annehmen. Das ist einfach nicht wahr. Es ist ferner gesagt worden, das Chamäleon könne die Farben der Gegenstände annehmen, auf welchen es sich befindet, oder unter welchen es sich befindet, und es benütze dies Vermögen, um sich den Blicken seiner Feinde zu entziehen. Das ist wiederum nicht wahr. Das Chamäleon hat zweierlei Farben: zunächst Schillerfarben, welche herrühren von dem eigenthümlichen Baue seiner Epidermis. Es hat in seinen Epidermiszellen eine Schicht, welche in der Weise austrocknet, dass in der Mitte ein ganz dünner Luftraum entsteht. Dieser Luftraum gibt zu zwei nahe aufeinander folgenden Reflexionen Veranlassung, die Strahlen, welche doppelt reflectirt werden, interferiren und geben eine Schillerfarbe. Die Schillerfarben können blau, grün, roth sein, je nach der Incidenz des Lichtes.

Von diesen Schillerfarben sieht man für gewöhnlich nichts. Man sieht sie nur, wenn die Thiere in der Sonne sitzen; dann sind sie erstens an und für sich möglichst stark, und zweitens ist das Thier in der Sonne dunkel, fast schwarz, so dass sie nun auf dem dunklen Grunde besser zu sehen sind, als auf der farbigen Körperoberfläche, welche das Thier sonst zeigt. Ausser diesem Schwarz, welches das Thier in der Sonne annimmt, kann dasselbe weiss und gelb erscheinen, je nach der Körperstelle und je nach dem Individuum, indem nicht alle von gleicher Grundfarbe sind. Weiter kann es als Farben zeigen Blau, Grün, Grau und Braun. Das Auffälligste ist dabei, dass es die Zeichnung seines Körpers ändert, bald gestreift ist, bald gesprenkelt, bald einfarbig. Dabei kehren aber, wenn es bunt wird, nicht immer andere Muster wieder, es hat davon nur eine bestimmte Auswahl, über welche es disponirt. Die Art und Weise, wie die dunkleren Farben zum Vorscheine kommen, ist folgende. In der Cutis befindet sich ein stark lichtbrechendes helles Pigment, welches je nach dem Orte der Körperoberfläche und je nach dem Individuum weiss oder gelb ist. Unter diesem Pigmente, in einer tieferen Schichte der Cutis liegen dunkelbraun bis schwarz gefärbte Pigmentzellen, und diese haben Fortsätze, welche die weisse Schicht durchbohren, sich bis an die Oberfläche erstrecken und hier ein sehr dicht gezogenes Netz bilden, so dass, wenn diese Zellen ihre Fortsätze an die Oberfläche vorgeschoben haben, von dem weissen, beziehungsweise von dem gelben Pigmente nichts zu sehen ist, vielmehr das Thier schwarz erscheint. Wenn dagegen die Fortsätze ganz in die Tiefe gezogen sind, so erscheint das Thier in seinen verschiedenen Körpertheilen weiss, beziehungsweise gelb, indem jetzt die dunklen Pigmentzellen ganz von dem hellfarbigen Pigmente bedeckt sind. Denken Sie sich, Fig. 57 stelle einen Durchschnitt durch einen der kleinen Höcker in der Chamäleonshaut vor, während die Pigmentzellen alle ihre Fortsätze eingezogen haben, so können sie dieselben vorstrecken bis an die Oberfläche, und es wird dann ein Bild erzeugt, wie es Fig. 58 darstellt. Sie können sie aber auch theilweise vorstrecken, so dass einzelne Pigmentzellen noch ganz in der Tiefe liegen, während die Fortsätze anderer bis an die Oberfläche reichen, und wenn dies am ganzen Körper in kleinen Abständen geschieht, wird das Thier mehr oder weniger schmutzigbraungrau erscheinen, indem dann kleine helle Flecken mit kleinen

Fig. 57.

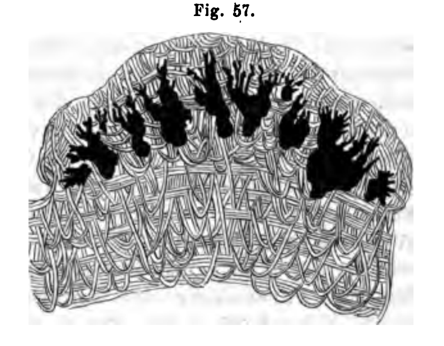
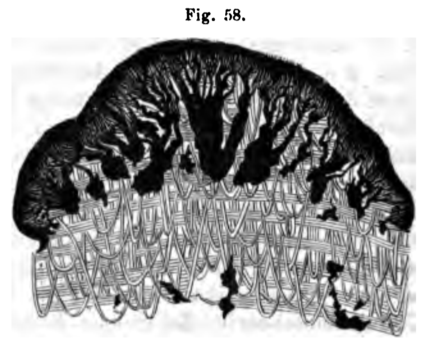


Fig. 58.



dunkeln abwechseln. Geschieht es gruppenweise, so wird dadurch eine Zeichnung hervorgebracht, strecken die Zellen an einzelnen Stellen ihre Fortsätze aus, so entstehen dadurch Stippchen, thun sie es in bestimmten Zonen, so entstehen Bänder.

Nun ist es aber auch möglich, dass die Zellen zwar ihre Fortsätze ausstrecken, dass sie sie aber nicht bis ganz an die Oberfläche ausstrecken, so dass eine dünne Schicht von lichtem Pigment über dem dunkeln Pigmente zu liegen kommt, und solche Stellen erscheinen, wenn das helle Pigment weiss ist, blau, wenn es gelb ist, grün. Fragen wir uns zuerst: Weshalb werden diese Stellen, wenn das Pigment weiss ist, blau? Es haben bekanntlich schon Aristoteles und Leonardo da Vinci darauf aufmerksam gemacht, dass, wenn ein sogenanntes trübes, das heisst ein halbdurchsichtiges, ein durchscheinendes Medium vor einer Lichtquelle liegt, es diese Lichtquelle je nach seiner Dicke gelb oder roth macht. Sie wussten, dass die rothe Farbe der untergehenden Sonne herrührt von der Absorption, welche das Licht in den Dünsten der Atmosphäre erleidet. Andererseits hat schon Leonardo da Vinci die blaue Farbe entfernter Berge daraus erklärt, dass die Luft sich als trübendes Medium zwischen uns und den Bergen befindet, und ebenso ist daraus die Bläue des Himmels erklärt worden. Goethe hat bekanntlich hierauf eine ganze Farbenlehre aufgebaut. Er suchte nachzuweisen, dass die Farbenlehre der Physiker, als welche er damals noch die Newton'sche Farbenlehre ansah, ein Convolut von Irrthümern sei, und wollte an ihre Stelle eine Lehre setzen, in der er behauptete, die Farben entstünden aus Hell und Dunkel, und zwar entstünden das Roth und Gelb dadurch, dass das Dunkle sich über das Helle schiebe, während das Blau dadurch entstünde, dass sich das Helle über das Dunkle schiebe. Obgleich nun von dieser Farbenlehre als solcher theoretisch nichts übrig geblieben ist, so dienten ihr doch eine Reihe von Versuchen und Wahrnehmungen zur Stütze, die sich in ihrem vollen Umfange bestätigt haben: z. B., dass das blaue Auge kein blaues Pigment hat, sondern dass das Blau des Auges nur davon herrührt, dass die durchscheinende Iris vor einer dunkelpigmentirten Grundlage liegt; dass die Venen nur deshalb blau durch die Haut durchscheinen, weil sie selbst dunkel sind durch das Blut, welches in ihnen fliesst, und andererseits die durchscheinende Cutis und Epidermis über sie hinweggeht. Auch war es Goethe schon bekannt, dass die blauen Flecke, welche auf alten Oelgemälden entstehen, nur davon herrühren, dass der Firniss ihrer Oberfläche sich trübt, und dass in Folge davon über einem dunklen Grunde ein getrübtes Medium gelagert ist. Physikalisch erklären sich diese Dinge einfach nach der Undulationstheorie. Zahlreiche Reflexionen unter verschiedenen Einfallswinkeln, wie sie an den trübenden Theilchen trüber Medien vorkommen, machen an und für sich, dass mehr kurzwellige Strahlen zurückkommen und mehr langwellige durchgehen, und das Blau ist bekanntlich aus den kurzwelligen, das Roth und Gelb aus den langwelligen Strahlen des Spectrums gebildet. Die grössere Schwächung der langwelligen Strahlen ist eine unmittelbare Consequenz aus der Formel,, welche die Undulationstheorie für die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes gibt.

Hierin liegt aber nicht der einzige Grund für die blaue Farbe. Die Reflexionen, welche in trüben Medien stattfinden, finden stets statt an

sehr kleinen durchsichtigen Partikeln. Nun haben wir gesehen, dass, wenn zwei Reflexionen sehr bald hintereinander stattfinden, dass dann die Strahlen zur Interferenz kommen, und dass bei den kleinsten Abständen die Strahlen von der kürzesten Wellenlänge zuerst in die helle Phase gelangen. Da wir hier nur sehr kleine Abstände haben, so ist es klar, dass im reflectirten Lichte die kurzwelligen Strahlen in Folge der Interferenzen das Uebergewicht erlangen müssen. Sie wissen aber, dass das durchfallende Licht immer complementär gefärbt ist zu dem reflectirten, denn das, was reflectirt wurde, konnte nicht durchgehen, und die Summe des durchgehenden und des reflectirten Lichtes ist da, wo die Absorption im Medium nicht in Betracht kommt, gleich dem einfallenden. Es sind also die langwelligen Strahlen, welche vorzugsweise hindurchgehen, und deshalb macht ein trübes Medium, vor eine Lichtquelle gesetzt, diese in erster Reihe gelb und, wenn noch mehr Licht reflectirt wird, weniger hindurchgeht, roth, indem nun die langwelligen Strahlen das entschiedene Uebergewicht erlangen.

Von der Wirkung trüber Medien kann man sich sehr gut überzeugen, wenn man eine Harzlösung mit Wasser fällt. Dann scheiden sich kleine Harzpartikelchen aus und bilden eben so viele trübende Theilchen. Sieht man durch eine dünne Schicht davon auf dunklen Grund, so erscheint sie blau, wenn man aber dieselbe Schicht vor eine Lichtquelle setzt, so wird die Farbe der letzteren gelb, und wenn man die Schicht verdickt, so erscheint die Lichtquelle bei zunehmender Verdickung immer mehr roth.

Die Bedingungen für das Erscheinen von Farben trüber Medien sind nun auch in der Haut des Chamäleons gegeben. Hier liegt das dunkle Pigment in der Tiefe, und darüber liegt eine dünne Schicht weissen Pigments. In Folge davon ist das Thier da, wo die weisse Schicht dünn genug wird, um durchscheinend zu sein, blau. Wenn nun aber an der betreffenden Stelle das Pigment nicht weiss, sondern gelb ist, so wird das blaue Licht offenbar in Grün umgeändert werden, und daher die schöne grüne Farbe, welche Chamäleone zu manchen Zeiten auf dem grössten Theile ihrer Körperoberfläche zeigen.

Im hohen Grade lehrreich und interessant ist es nun, zu sehen, wie die Bewegung der Zellen vom Centralnervensysteme abhängt. Wenn ein solches Thier mit Strychnin vergiftet wird, so wird es am ganzen Körper hellfarbig. Wenn es krank wird, wird es fleckig, wenn man ihm einen Schnitt längs des Rückens macht, so dass man einen Theil der Hautnerven durchschneidet, so bekommt es einen schwarzen Fleck und von diesem ausgehend dendritische Zeichnungen in schwarzer Farbe. Nachdem man eine Reihe von Hautnerven durchschnitt, haben die Zellen, zu denen diese Hautnerven gingen, ihre Fortsätze nicht mehr einziehen können, und darum ist der betreffende Theil der Haut schwarz. Man sieht hieraus, dass der Zustand, in dem die Zellen ihre Fortsätze ausgestreckt haben, der passive, der Zustand der Ruhe ist, und dass der Zustand, bei dem die Zellen ihre Fortsätze eingezogen haben, der active Zustand, der Zustand der Erregung ist. Das bestätigt auch die Vergiftung mit Strychnin, indem das Thier im Tetanus am ganzen Körper hellfarbig wird; das bestätigt auch das Einreiben von Terpentinöl auf die Haut, weil eine Stelle der Haut, welche man mit Terpentinöl einreibt, und ebenso Stellen, durch welche man die Schläge eines

Magnetelectromotors durchgehen lässt, hellfarbig werden. Daraus geht aber weiters die merkwürdige Thatsache hervor, dass auf die Haut der Thiere die Dunkelheit als ein Reiz wirkt, und dass die Tageshelle, beziehungsweise sogar der Sonnenschein, die Pigmentzellen in den passiven Zustand versetzt; denn, wenn man die Thiere in die Sonne bringt, so werden sie schwarz, wenn man sie ins Dunkle bringt, werden sie blass. Die Wirkung, welche vom Lichte auf die Haut ausgeübt wird, ist eine locale, denn, wenn man ein Band von Stanniol um ein solches Thier legt und es in die Sonne setzt, so findet man, während der übrige Körper schwarz erscheint, unter dem Stanniol einen hellen Streifen. Es ist dies ferner eine Wirkung des Lichtes, nicht der Wärme als solcher; denn, wenn man das Thier der dunklen Strahlung eines stark geheizten Ofens aussetzt, bleibt es, wenn es nicht von Licht getroffen wird, hellfarbig. Abgesehen von Licht und Dunkelheit sind es namentlich psychische Erregungen, welche auf den Farbenwechsel der Thiere einwirken. Wenn sie in der Ruhe ziemlich gleichmässig gefärbt gewesen sind, so treten in kurzer Zeit verschiedene Zeichnungen auf ihnen hervor, wenn sie entweder mit Begierde dem Futter nachgehen, oder wenn sie untereinander zu streiten anfangen, wenn sie geängstigt werden u. s. w. Man hat ganz mit Unrecht das Chamäleon als das Sinnbild der Falschheit und des wetterwendischen Wesens hingestellt, es ist im Gegentheil ein sehr aufrichtiges Thier, indem sich alle seine Gemüthsbewegungen nicht sowohl in seinem Gesichte, als vielmehr auf seiner ganzen Haut abmalen. Wenn die Thiere krank sind, werden sie, wie gesagt, fleckig, und sie sind vor dem Sterben meist hellgefärbt, aber häufig mit ausgedehnten dunklen Flecken.

Ich bin deshalb so speciell auf das Chamäleon eingegangen, weil wir hier in so deutlicher Weise die Abhängigkeit der Protoplasmabewegungen vom Centralnervensysteme zeigen können. In neuerer Zeit ist diese Abhängigkeit auch bei den Steinbutten nachgewiesen worden, indem, wenn diesen der Sympathicus durchschnitten wurde, der Theil des Körpers dunkel wurde, welcher seine Nerven rückwärts von der Schnittstelle bezog. Nach den Beobachtungen von Pouchet werden Fische, die erblinden oder geblendet werden, durch Ausbreitung der Pigmentzellen, der sogenannten Chromatophoren, dunkelfarbig. Es lässt dies vermuthen, dass hier eine Reflexwirkung vom Nervus opticus aus stattfindet, dass die Erregung des Nervus opticus eine Erregung zum Centralorgan bringt, durch welche die Chromatophoren zur Zusammenziehung bestimmt werden, so dass sie, wenn ihnen diese Anregung fehlt, dauernd einen grösseren Raum bedecken. Bei Fröschen hat Ehrmann den Uebergang von Nervenfasern in Pigmentzellen mittelst des Mikroskopes direct verfolgen können.

Wir müssen uns klar machen, dass wir hier die Bewegungen von Zellen nur deshalb so gut sehen, und dass sie beim Chamäleon nur deshalb so frühzeitig wahrgenommen worden sind, weil ein Farbenwechsel entsteht. Wir müssen uns sagen, dass, da hier die nackten Zellen, welche in der Haut liegen, vom Centralnervensysteme abhängig sind, wahrscheinlich auch noch andere nackte Zellen, welche bei uns im Bindegewebe und in den Organen vertheilt sind, unter dem Einflusse des Nervensystems stehen werden, dass wir davon nur nichts wahrnehmen,

weil der Beobachtung zu grosse Schwierigkeiten entgegengesetzt sind. In der That gibt Kühne an, dass er die nackten Zellen, welche sich im Gewebe der Hornhaut befinden, und welche dort zwischen den Hornhautfasern liegen, beziehungsweise sich zwischen ihnen bewegen, von den Nerven aus zur Contraction gebracht habe, dass sie ihre Fortsätze eingezogen hätten, in ähnlicher Weise, wie die Pigmentzellen eines Chamäleons ihre Fortsätze einziehen, und Sie sehen ein, dass es für die Physiologie und nicht minder für die Pathologie von hoher Wichtigkeit ist, nähere Aufschlüsse zu bekommen über die Art und Weise, wie das Centralnervensystem auf die Gewebe und die in ihnen enthaltenen Zellen einwirkt.

Flimmerbewegung.

An die Bewegungen der Sarkode und des Protoplasmas schliesst sich die Flimmerbewegung an. Man wusste schon seit längerer Zeit, dass gewisse niedere Thiere haarförmige Anhänge an ihrer Körperoberfläche haben, welche peitschenförmig in der umgebenden Flüssigkeit schlagen. Bei den Infusorien ist theils die ganze Körperoberfläche, theils ein Theil derselben mit solchen Härchen besetzt, und diese dienen hier der Locomotion, sie treiben das ganze Thierchen in der Flüssigkeit umher. Man glaubte früher, dass dies auf niedere Thiere beschränkt sei, bis Purkinje und Valentin entdeckten, dass auch bei den Wirbelthieren und auch bei den Säugethieren und beim Menschen Flimmerbewegung vorkommt. Die Flimmern oder, wie sie auch genannt werden, Cilien können an und für sich auf einem structurlosen Mutterboden, sie können einzeln oder zu mehreren auf Zellen stehen. Bei den Wirbelthieren stehen aber alle Cilien nur auf Cylinderzellen. Alle Flimmerepithelien sind hier Cylinderepithelien. Die Cylinderzellen selbst sind bald mehr cylindrisch, beziehungsweise prismenförmig, bald mehr becherförmig und die Flimmern, die Härchen, bedecken ihre ganze freie Oberfläche. Nach den Abbildungen, welche davon gegeben sind, sollte man manchmal glauben, dass auf jeder Zelle nur eine geringe Anzahl von Flimmern sich befinde. Das ist aber keineswegs der Fall. Die Zahl der Flimmern ist immer sehr gross, und die einzelnen Flimmerfäden sind so dünn, dass sie selbst bei den stärksten Vergrösserungen, über die wir gebieten, noch keinen mit Sicherheit messbaren Durchmesser haben.

Es wurde früher behauptet, dass sie auf der Zellenmembran aufsitzen, oder dass sie in dieselbe eingepflanzt seien. Das ist beides gleich unrichtig, denn dort, wo die Flimmern eingepflanzt sind, ist gar keine Zellenmembran vorhanden. Die Zellenmembran der Flimmerzellen ist deutlich becherförmig und oben offen, gerade so, wie die Zellenmembran der übrigen Cylinderzellen. Die Flimmern sind eingepflanzt direct in das Protoplasma, und zwar scheint der eingepflanzte Theil etwas verdickt zu sein. Es existirt auch hier keine besondere, durch ihre Brechbarkeit unterscheidbare Protoplasmaschicht, der Schein davon entsteht nur dadurch, dass die eingepflanzten Cilien anders brechen, als das Protoplasma, in welches sie eingepflanzt sind.

Schon vor einer sehr langen Reihe von Jahren sagte einmal ein englischer Mikroskopiker, die Flimmern bewegten sich noch, wenn man nur den oberen Theil der Zellen abschneide, wenn man aber die Flimmern selbst abschneide, dann bewegten sie sich nicht mehr, dann blieben sie in Ruhe. Ich habe Gelegenheit gehabt, mich von der Richtigkeit der ersteren Angabe zu überzeugen. Wenn man vorsichtig mit dem Messer über die flimmernde Oberfläche hingeht, so bekommt man leicht Abschnitte von Protoplasma, welches sich nun unregelmässig zusammenzieht, und auf dessen Oberfläche sich die Flimmern nach Art eines nach allen Seiten auseinanderfallenden Haarschopfes zeigen und dabei noch in voller Bewegung sind. Hier kann man auch deutlich sehen, dass die Flimmerhaare nicht in eine Membran, sondern dass sie in das Protoplasma selbst eingepflanzt sind. Davon kann man sich auch noch auf andere Weise überzeugen. In den ersten Stadien des Schnupfens, wo ein reichliches sehr flüssiges Secret abgesondert wird, findet man häufig in demselben birnförmige Körper, welche am dicken Ende mit Härchen besetzt sind, durch deren Bewegung sie im Secrete herumgetrieben werden. Wenn man sie näher ansieht, so findet man einen Kern darin, und in der That sind sie nichts anderes als die Zellenleiber der Flimmerzellen, die Elementarorganismen, welche aus dem dütenförmigen Gehäuse herausgetreten und in das Secret übergegangen sind und nun durch die auf ihnen befindlichen Cilien in der Flüssigkeit umhergetrieben werden. Wir haben schon einen analogen Vorgang im Darmkanale kennen gelernt, wo wir gesehen haben, dass hier unter pathologischen Verhältnissen die Zellenleiber aus ihren becherförmigen Membranen austreten, und dass dadurch sogenannte Becherzellen, leere Becher, leere Düten, entstehen.

Die Flimmerbewegung ist vom Nervensysteme unabhängig. Es ist niemals gelungen, durch Reizung von Nerven die Flimmerbewegung zu verstärken, und auch an Zellen, welche von ihrem Mutterboden getrennt sind, ja, wie wir gesehen haben, an Fragmenten von solchen Zellen dauert anfangs die Flimmerbewegung mit gleicher Intensität fort. Nach dem Tode aber ermattet sie früher oder später, bei Säugethieren im Allgemeinen früher, bei Amphibien und Reptilien später, so dass bei Fröschen und Schildkröten noch neun Tage nach dem Tode des Individuums Flimmerbewegung beobachtet worden ist. Auch beobachtete O. Becker durch eine Reihe von Tagen noch Flimmerbewegung in dem Nebenhodenkanale eines Schweinehodens, welcher täglich nach der Untersuchung wieder in den Keller, also in eine niedere Temperatur gebracht wurde. Wenn die Flimmerbewegung nachlässt und anfängt zu ermatten, so kann man deutlich die einzelnen Härchen wahrnehmen, welche man anfangs nicht deutlich in ihrer Bewegung verfolgen konnte. Man sieht dann, dass es wesentlich zweierlei Typen der Bewegung gibt. Der eine besteht darin, dass jede einzelne Flimmer sich wie eine Gerte niederbeugt, und der andere besteht darin, dass eine wellenartige Bewegung nach der Länge der Cilien abläuft. Diese letztere Art der Bewegung sieht man namentlich schön an den sehr langen Cilien im Kanale des Nebenhodens. Früher oder später nach dem Tode hört, wie gesagt, die Flimmerbewegung auf. Virchow beobachtete, dass er, wenn dieser Stillstand erst vor Kurzem eingetreten war, die Flimmern durch Zulassen einer sehr verdünnten Kalilösung noch wieder in Bewegung setzen konnte. Man hat dies so

aufgefasst, als ob das Kali als Reizmittel wirke. Man kann es aber auch so auffassen, dass der Stillstand zunächst noch nicht herrührt vom Absterben der Flimmerzellen, sondern dass er herrührt von einer Verdickung des Schleimes, in dem sie sich bewegen. Fast in allen thierischen Flüssigkeiten treten nach dem Tode partielle Gerinnungen ein, durch welche ihre Consistenz vermehrt wird. Wenn nun das auch beim Schleime eintritt, so können die Flimmerhaare noch an und für sich beweglich sein; diese Beweglichkeit kommt aber nicht mehr zur Erscheinung, weil der Widerstand des umgebenden Mediums zu gross ist. Wenn nun durch eine geringe Menge von Kali der Schleim flüssiger wird, so können sich die Flimmerhaare von Neuem darin bewegen.

Durch Säuren, auch durch sehr verdünnte, wird die Flimmerbewegung aufgehoben, weil diese in der Flüssigkeit, in welcher die Haare schlagen, einen Mucinniederschlag hervorbringen; durch concentrirte können natürlich auch die Flimmerhaare selbst angegriffen, beziehungsweise zerstört werden.

Früher nahm man allgemein an, dass die Flimmerzellen nicht afficirt würden durch electrische Ströme; man hatte bei der Anwendung derselben immer ein negatives Resultat erhalten. Kistiakowsky hat aber durch messende Versuche in Rollet's Laboratorium gezeigt, dass die electrischen Ströme in der That einen beschleunigenden Einfluss auf die Flimmerbewegung ausüben. Er begnügte sich nicht damit, die Cilien in ihrer Bewegung zu beobachten, sondern brachte an einem Coconfaden einen kleinen Siegellacktropfen an und liess den Coconfaden so herab, dass der Siegellacktropfen eben mit möglichst wenig Reibung auf der flimmernden Oberfläche aufruhte. Er brachte dieses so angefertigte Pendel um ein sehr geringes aus seiner Gleichgewichtslage und beobachtete nun, wie es nach der andern Seite hin aus der Gleichgewichtslage heraus auf der flimmernden Oberfläche fortgeführt wurde. Die Zeit, welche es brauchte, um auf der flimmernden Oberfläche eine bestimmte Strecke zurückzulegen, wurde gemessen, einmal, wenn nicht mit electrischen Schlägen gereizt wurde, und das andere Mal, während gereizt wurde, und in der That ergaben sich die Zeiten, während welcher gereizt wurde, immer als die beträchtlich kürzeren. Einer ähnlichen Vorrichtung hat sich Engelmann bedient, um nachzuweisen, dass auch die Wärme einen beschleunigenden Einfluss auf die Flimmerbewegung ausübt.

Was sich an den Flimmern bewegt, und wie sich dieselben bewegen, wissen wir nicht genau. Die Bewegung scheint von ihnen selbst auszugehen, nicht von dem Protoplasma, denn in den Fällen, welche ich vorher erwähnt habe, und in welchen man das Protoplasma ganz unabhängig von der Zellenmembran vor sich hat, findet man dasselbe in völliger Ruhe, während die nach allen Seiten auseinander gefallenen Härchen sich lebhaft bewegen. Andererseits aber macht es oft den Eindruck, als ob die Spitzen der Härchen sich passiv bewegten. Es muss also wahrscheinlich die Bewegungsursache wesentlich in dem unteren Theile jeder einzelnen Cilie gesucht werden.

Man kann sich von der Wirkung der Flimmerbewegung nicht allein durch das Mikroskop überzeugen, sondern, wie wir gesehen haben, ist die mechanische Kraft, welche aufgebracht wird, hinreichend, um einen gehörig äquilibrirten Siegellacktropfen aus seiner Gleichgewichtslage zu

bringen. Man kann sich von der Flimmerbewegung auch dadurch überzeugen, dass man auf eine flimmernde Oberfläche, z. B. auf die Rachen- oder Gaumenfläche eines Frosches, eine kleine Menge Kohlenpulver bringt. Man sieht dann, dass das Kohlenpulver durch die Flimmerbewegung fortgeschoben wird, und man kann sich deshalb sehr gut vorstellen, wie auch Schleim und andere Theilchen auf den lebenden Oberflächen durch die Flimmerbewegung fortbefördert werden. Wir haben ja gesehen, dass die Flimmerbewegung das wesentlichste Hilfsmittel ist, um den Bronchialschleim gegen die Stimmritze fortzuschaffen, so dass er ausgeräuspert werden kann, während, wenn die Flimmern fehlen, es anhaltender Hustenanfälle bedarf, um denselben zur Stimmritze herauszubefördern.

Von den Tracten der Flimmerbewegung haben wir bereits einen kennen gelernt, nämlich den im Respirationsorgane. Die Flimmerbewegung fängt hier an mit einer Linie, welche vom vorderen Rande der Nasenbeine zum vorderen Nasenstachel gezogen wird. Sie setzt sich von hier aus durch die Nasenhöhle mit Ausnahme eines gewissen Gebietes, von dem wir später sprechen werden, fort und ebenso in die Nebenhöhlen der Nasenhöhle, in die Stirnhöhlen, in die Highmorshöhle, steigt auf der Rückseite des Rachens herunter bis zur Höhe des zweiten Halswirbels, wo geschichtetes Pflasterepithel auftritt, welches von nun an den Schlund auskleidet und als eine Fortsetzung des Pflasterepithels in der Mundhöhle zu betrachten ist. Vom Rachen aus erstreckt sie sich über die Tuba Eustachii und mit inconstanten Grenzen über den grössten Theil der Trommelhöhle. Ferner fängt sie wiederum auf der Rückseite des Kehldeckels an und geht nun durch die ganze Trachea und durch das Bronchialsystem hindurch, bis in die feinsten Bronchien hinein. Im Rachen kreuzen sich also gewissermassen zwei Tracte von Epithel, erstens der Tract des geschichteten Pflasterepithels, welches von der Mundhöhle herabsteigt und in den Oesophagus geht, und zweitens der Tract des Flimmerepithels der Respirationsschleimhaut, der von der Nasenhöhle durch den Kehlkopf in die Trachea hinabsteigt. Nur die wahren Stimmbänder haben kein Flimmer-, sondern ein Pflasterepithel. Offenbar hängt dies zusammen mit den vielfachen Insulten, welchen die Stimmbänder beim Sprechen, beim Singen, beim Husten u. s. w. ausgesetzt sind; denn das Flimmerepithelium ist viel weniger widerstandsfähig, als ein geschichtetes Pflasterepithel, wie es hier gefunden wird; wissen wir doch, dass an andern Orten secundär in Folge von Insulten, namentlich aber in Folge von Entzündung, die Flimmerepithelien verloren gehen und Pflasterepithelien sich an deren Stelle setzen. Nach E. Neumann bedeckt bei menschlichen Embryonen zwischen 18 und 32 Wochen auch die Oberfläche der Speiseröhre ein geschichtetes Flimmerepithel, und auch einen Streifen in der Mittellinie der Zungenwurzel, vom Kehldeckel bis zum Foramen coecum reichend, fand er in einem Falle mit Flimmerzellen besetzt.

Ein zweiter Tract von Flimmerepithel kommt im Nebenhoden vor. Er beginnt hier schon in den Ductuli efferentes. In diesen und in den Conis vasculosis finden sich kleine Flimmerzellen, ähnlich wie die auf der Respirationsschleimhaut; dann kommen aber im Kanale des Nebenhodens sehr grosse Flimmerzellen vor, welche sehr lange, wellenförmig schwingende Cilien haben. Die Flimmerbewegung ist auch ins Vas deferens

verfolgt worden und setzt sich nach Klein beim Menschen bis vier Centimeter weit vom Nebenhoden fort.

Ein dritter Tract befindet sich in den weiblichen Geschlechtsorganen. Erstens befindet sich nach O. Becker, der auch das Flimmerepithel im Nebenhoden entdeckt hat, im Parovarium ebenfalls ein Flimmerepithelium, zweitens flimmert die innere Oberfläche der Tuben und die des Uterus, letztere wenigstens theilweise. Die Angaben über die Ausdehnung des Flimmerepithels im Uterus gehen bedeutend auseinander, indem Einige angeben, das Flimmerepithel bis zum Cervix uteri verfolgt zu haben, und Andere behaupten, sie hätten nur eine Region beflimmert gesehen, welche im Fundus uteri sich von der Einmündung der einen Tuba zur Einmündung der andern herüber erstreckt. Es hängt die Ausdehnung des Flimmerepithels hier nicht allein mit den verschiedenen Lebensaltern, sondern auch mit der Menstruation und mit den Perioden vor und nach der Menstruation zusammen. In neuerer Zeit hat man gefunden, dass nicht nur die innere Oberfläche des Uterus flimmert, sondern dass die Flimmern sich auch in die Drüsen des Uterus, in die sogenannten Glandulae utriculares hinein erstrecken.

Endlich gibt es einen grossen Tract von Flimmerepithel im Centralnervensysteme. Der Canalis centralis medullae spinalis, der Boden des vierten Ventrikels, der Aquaeductus Sylvii und die Höhlen des Gehirns flimmern. Dieses Flimmerepithel ist aber viel hinfälliger, als das auf den Schleimhäuten, und man hat deshalb viel seltener Gelegenheit, dasselbe zu beobachten und die Bewegungen seiner Cilien zu sehen.

Das bequemste Object für die Untersuchung der Flimmerbewegung ist immer noch die Rachenschleimhaut des Frosches. Vom Menschen verschafft man sich am leichtesten Flimmerzellen, wenn man mit einer schief abgeschnittenen und an ihrem Ende umgebogenen Kielfeder in die Nasenhöhle eingeht und ein Stückchen von dem Epithel der Schleimhaut herunterkratzt.

Muskelbewegung.

Glatte Muskelfasern.

Wir haben schon früher gesehen, dass zweierlei Arten von Mukelfasern zu unterscheiden sind, glatte und quergestreifte. Die glatten Muskelfasern, die sogenannten contractilen Faserzellen, sind im Ganzen spindelförmige, durch den gegenseitigen Druck kantig abgeplattete Gebilde, welche einen verlängerten, ellipsoidischen, manchmal stabförmigen Kern haben. Die Länge der Spindel ist sehr verschieden. Im Stamme der Aorta und in ihren grossen Aesten finden wir Zellen von unregelmässiger Gestalt, die so wenig verlängert sind, dass man sie auf den ersten Anblick eher für eine Epithelzelle, als für eine contractile Faserzelle halten könnte, und erst wenn man in den Arterien weiter geht und sie mit den Mukelfasern anderer Arterien vergleicht und alle Uebergangsstufen zwischen diesen Gebilden und jenen findet, überzeugt man sich, dass man es wirklich mit Muskelfasern zu thun habe. Andererseits findet man

wiederum, z. B. im Darme, im Ureter, der Harnblase, contractile Faserzellen, die ganz ausserordentlich, ja fadenförmig verlängert sind. Die glatten Muskelfasern unterscheiden sich von den quergestreiften Muskelfasern nicht nur durch ihre Gestalt, sondern auch durch die Art, wie sie auf Reize reagiren. Während bei den quergestreiften Muskelfasern die Zusammenziehung plötzlich erfolgt, so erfolgt sie bei den glatten Muskelfasern langsam. Im Augenblicke des Reizes sieht man noch keinerlei Bewegung, man kann den Reiz aufhören lassen, dann tritt nachträglich die Contraction auf, sie dauert einige Zeit, um dann wieder zu verschwinden. Es ist dies bei den verschiedenen Muskelfasern verschieden. Die schnellste Bewegung haben die Binnenmuskeln des Auges, die Muskeln der Iris und der Tensor chorioideae. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Iris bei plötzlich einfallendem Licht zusammenzieht, hat von Vintschgau an sich selbst gemessen. Die vom Beginn bis zum Ende der Contraction des Sphincter pupillae verlaufenden Zeiten lagen zwischen 0,34 und 0,39 Secunden. Dann folgen die Muskelfasern des Darmes und des Ureter. Die langsamsten Bewegungen haben die Muskeln der Blutgefässe, namentlich die Muskeln der Arterien, welche sich sehr langsam und allmälig zusammenziehen, dafür aber auch lange Zeit im contrahirten Zustande verharren können. Die Contraction selbst ist in ihren Einzelnheiten unter dem Mikroskope sehr schwer zu verfolgen, weil die glatten Muskelfasern im lebenden Zustande so wenig deutlich von einander getrennt sind, dass man sie nicht einzeln unterscheiden kann und immer nur eine ganz contractile Masse sich zusammenziehen sieht. Nach der Analogie aber mit dem, was wir von den quergestreiften Muskelfasern wissen, müssen wir glauben, dass die Contraction darin besteht, dass jede Faserzelle zwar ihr Volum behält, aber kürzer und dabei dicker wird. Dadurch muss natürlich die ganze Masse, welche aus solchen Faserzellen besteht, sich in der Richtung der Faserzellen zusammenziehen, sich in der Richtung der Faserzellen verkürzen, in einer Ebene senkrecht auf die Richtung der Faserzellen sich verdicken, und zwar um so viel, dass das Volum dasselbe bleibt.

Aus contractilen Faserzellen bestehen alle Muskeln, die der Willkür nicht unterworfen sind, mit Ausnahme des Herzens. Wir haben gesehen, dass sie einen wesentlichen Theil des Gefässsystems ausmachen; wir haben ferner im Darmkanale zwei grosse Lager von Muskelfasern kennen gelernt, das submucöse und das subperitonäale Muskellager; wir haben im Respirationsorgane zahlreiche glatte Muskelfasern gefunden, welche sich bis zwischen die einzelnen Alveolen erstreckten; wir haben in den Ausführungsgängen der Leber und in der Gallenblase eine Muskelhaut gefunden, welche aus organischen Muskelfasern besteht. Wir kennen die starken Muskelschichten im Nierenbecken, den Ureteren und der Harnblase. Wir werden sie weiter finden in den männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen, namentlich in sehr grosser Menge im Uterus. Organische Muskelfasern begegnen uns als das Constituens der Binnenmuskeln des Auges, wenigstens bei den Säugethieren und beim Menschen, während bei den Vögeln und Reptilien diese Muskeln quergestreift sind. Wir werden später sehen, in wie weit wir die Binnenmuskeln des Auges als unwillkürlich, und in wie weit wir sie als der Willkür unterworfen zu betrachten haben.

Den contractilen Faserzellen begegnen wir ferner als Constituens eines Muskels in der Orbita, den wir später als Müller'schen Muskel kennen lernen werden, und welcher sich über die Fissura orbitalis inferior hinüberspannt. Wir begegnen ihnen auch an der Innenseite der Augenlider, wo Heinrich Müller Fasern aufgefunden hat, die von unten nach aufwärts und von oben nach abwärts verlaufen; wir begegnen ihnen endlich in allen behaarten Theilen der Haut in den sogenannten M. Arrectores pili, die durch ihre Zusammenziehung die Cutis anserina hervorbringen. Eine grosse Menge glatter Muskelfasern befinden sich in der Brustwarze und im Warzenhofe, namentlich beim weiblichen Geschlechte. Die Züge im Warzenhofe bilden im Grossen und Ganzen Kreisbogen um die Warze als Axe. Wenn sie sich contrahiren, so ziehen die äusseren den Warzenhof um die Warze zusammen, die inneren, welche die Warze zunächst umgeben, treiben dieselbe hervor, bewirken die sogenannte Erection der Warze. Glatte Muskelfasern kommen überall da im menschlichen Körper vor, wo wir Contractilität haben, und wo diese nicht von quergestreiften Muskelfasern herrührt. Man sprach früher von einem contractilen Bindegewebe, aus dem man z. B. die Tunica dartos bestehen liess. Dieses contractile Bindegewebe existirt nicht; die weiteren Untersuchungen haben ergeben, dass solches contractiles Bindegewebe nichts Anderes ist als Bindegewebe, in welches organische Muskelfasern eingewebt sind, und dass die Contraction nicht von dem Bindegewebe, sondern von den in dasselbe eingewebten contractilen Faserzellen ausgeht.

Beim Menschen und den höheren Wirbelthieren sind contractile Faserzellen und quergestreifte Muskelfasern streng von einander getrennt. Bei den niederen Wirbelthieren aber und noch mehr bei den wirbellosen Thieren kommen Uebergangsstufen vor zwischen beiden: Muskelfasern, welche man früher für glatt gehalten hat, hat man in neuerer Zeit als quergestreift kennen gelernt, z. B. den Schliessmuskel der Bivalven, von dem Margo mit Hilfe starker Vergrösserungen nachgewiesen hat, dass er quergestreift ist. Solche Muskeln sind Muskeln, welche sehr feine Querstreifen haben, so dass sie erst durch die besseren optischen Hilfsmittel gesehen werden konnten. Glatte Muskelfasern vom Froschmagen sah Engelmann durch Einwirkung von Reagentien längsstreifig, auf dem Querschnitte punktirt werden, theilweise sogar in Fibrillen zerfallen. In chemischer Hinsicht scheinen die glatten Muskelfasern den quergestreiften sehr ähnlich zu sein. Wir wissen im Ganzen wenig über ihre chemische Constitution, weil alle ausgedehnteren Untersuchungen über das Fleisch an quergestreiften Muskelfasern gemacht worden sind. Auch fast alle Untersuchungen über das Wesen der Muskelcontraction, über die Arbeit, welche geleistet wird u. s. w., sind an quergestreiften Muskeln gemacht worden, und wir werden uns deshalb zunächst mit diesen beschäftigen.

Quergestreifte Muskelfasern.

Wir haben schon früher gesehen, dass die quergestreiften Muskeln bestehen aus einer röhrigen Hülle, dem sogenannten Sarkolemma, und aus einem contractilen Inhalte, und dass dieser contractile Inhalt an abgestorbenen Muskeln wiederum in zwei Richtungen zerlegt werden

kann, einmal der Quere nach in lauter Scheiben, welche man mit dem Namen der Bowman'schen Scheiben, der Bowman'schen Discs bezeichnet, und das andere Mal, am leichtesten wenn man in verdünntem Alkohol macerirt, der Länge nach in lauter einzelne Fäden, die Muskelfibrillen. Wenn man sich beide Spaltungen, beide Theilungen, gleichzeitig oder nach einander vorgenommen denkt, so zerfällt die Muskelfaser in lauter prismatische Stücke. Sie werden sarcous elements genannt. Diese isoliren sich bei längerer Maceration in verdünntem Alkohol, indem dann die Fibrillen noch wiederum der Quere nach zerfallen.

Al. Rollet *) hat gezeigt, dass die in 1 pro mille Chlorwasserstoffsäure aus Säugethiermuskeln entstehenden Scheiben nicht, wie man früher allgemein glaubte, den Bowman'schen Scheiben entsprechen, sondern im Gegentheile unter Zerfall der Substanz der letzteren aus der Zwischensubstanz hervorgehen; er hat ferner gezeigt, dass sich Säugethier- und Insectenmuskeln in Rücksicht auf den Scheibenzerfall in verdünntem Alkohol sehr verschieden verhalten und wiederum unter den Muskeln der Insecten grosse Verschiedenheiten gefunden werden, welche zum Theil für die Arten charakteristisch sind.

Diese sarcous elements sind doppeltbrechend, und von ihnen rühren auch die doppeltbrechenden Eigenschaften des Muskels her. Boeck in Christiania wies zuerst nach, dass eine Menge von thierischen und pflanzlichen Theilen doppeltbrechend sind, und unter anderen zeigte er dies auch von den Muskelfasern. Er wies dies nach mittelst des Polarisationsmikroskops, welches er auf folgende Weise construirte. Er brachte unter dem Objecttische eine Turmalinplatte an, welche also nur geradlinig polarisirtes Licht, Licht von einer bestimmten Schwingungsebene, durchliess. Ueber dem Ocular brachte er gleichfalls eine Turmalinplatte an; auch diese liess wiederum nur geradlinig polarisirtes Licht durch. Wenn also die beiden Turmalinplatten gekreuzt waren, war sein Sehfeld dunkel, wenn aber die beiden Turmalinplatten parallel waren, war sein Sehfeld hell. Wenn ein isotroper Körper, das heisst ein Körper, in welchem sich das Licht nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit und nur mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, auf dem Objecttische, also zwischen den beiden Turmalinplatten liegt, so ist er bei gekreuzten Turmalinen, also im dunkeln Sehfelde, unsichtbar, im hellen hat er sein gewöhnliches Ansehen. Wesentlich anders verhält sich ein doppeltbrechender Körper, der auf dem Objecttische liegt.

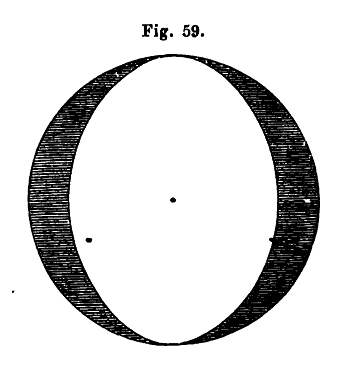
Doppeltbrechende Körper nennen wir bekanntlich solche Körper, in denen ein in dieselben eintretendes Lichtwellensystem nicht wiederum ein Lichtwellensystem erzeugt, sondern zwei Lichtwellensysteme, von denen das eine fortgepflanzt wird nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen, also auch im doppeltbrechenden Körper nach allen Richtungen hin mit gleicher Geschwindigkeit, das andere aber nur in einer Richtung dieselbe, oder in gewissen Ausnahmsfällen nahezu dieselbe Geschwindigkeit zeigt, wie das erste, welches wir als das ordinäre oder ordentliche Wellensystem bezeichnen, in allen andern Richtungen eine andere, entweder eine grössere oder geringere. Dieses andere ist das ausserordentliche, das extraordinäre Wellensystem.

*) Nach einem vom Herrn Verfasser geliehenen Bürstenabzuge einer in den Denkschriften der Wiener Akademie erscheinenden Abhandlung eingeschaltet.

Die Richtung, in welcher beide Wellensysteme gleiche Geschwindigkeit zeigen, bezeichnen wir als die Richtung der optischen Axe. Der grösste Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zeigt sich in Richtungen senkrecht auf die optische Axe.

Es gibt auch zweiaxig doppeltbrechende Körper, Körper, die zwei optische Axen haben, zwei Richtungslinien, in denen sich ordinärer und extraordinärer Strahl gleich schnell fortpflanzen, aber diese sind für den Augenblick nicht Gegenstand unserer Betrachtung. Die Eigenschaften eines einaxig doppeltbrechenden Körpers werden klarer, wenn man sich vorstellt, dass das Licht nicht von aussen in den Körper eindringe, sondern dass das Centrum der Impulse für die Lichtwellen in dem Körper selbst liege. Ist ein Körper isotrop, und werden von einem Punkte aus in ihm Wellen erzeugt, so werden diese Wellen kugelschalenförmig um den ursprünglichen Ort der Impulse herumgelegt sein: man sagt deshalb, in ihnen sei die Wellenoberfläche kugelförmig. Wenn aber ein Körper doppeltbrechend ist, und Sie sich irgendwo in seinem Innern Impulse erregt denken, so wird zwar auch ein Wellensystem mit kugelförmiger Oberfläche entstehen, das wird das Wellensystem der ordinären Strahlen sein, ausserdem wird aber ein zweites Wellensystem entstehen, welches nur in einer Richtung, der Richtung der optischen Axe mit derselben Geschwindigkeit fortgepflanzt wird, wie das Wellensystem der ordinären Strahlen: senkrecht auf diese Richtung wird es fortgepflanzt mit einer grösseren oder geringeren Geschwindigkeit. Wir wollen annehmen, es würde mit einer geringeren Geschwindigkeit fortgepflanzt, dann ist die Wellenoberfläche ein Ellipsoid, das entstanden ist durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe, und diese grosse Axe ist die optische Axe des Mediums. Solche Körper nennt man positiv doppeltbrechende Körper. Denken Sie sich in der Richtung der optischen Axe einen Schnitt durch das Centrum beider Wellensysteme gelegt, so wird die Wellenoberfläche der ordinären Strahlen in einem Kreise geschnitten und die der extraordinären in einer Ellipse, die dem Kreise eingeschrieben ist, wie es Fig. 59 zeigt.

Fig. 59.

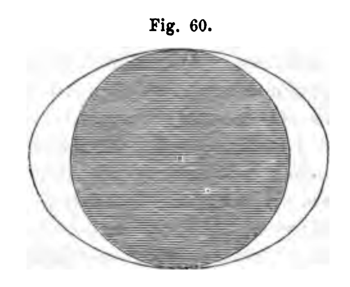


In andern doppeltbrechenden Körpern wird der extraordinäre Strahl senkrecht auf die optische Axe mit einer grösseren Geschwindigkeit fortgepflanzt; dann wird die Wellenfläche ein Ellipsoid, welches entstanden ist durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe, und diese kleine Axe ist dann wiederum die optische Axe. Solche Körper nennt man negativ doppeltbrechend. Denken Sie sich hier einen Schnitt durch das Centrum der beiden Wellensysteme gelegt, so wird die Wellenoberfläche der extraordinären Strahlen in einer Ellipse geschnitten, und die der ordinären in einem Kreise, welcher der Ellipse eingeschrieben ist, wie dies Fig. 60 zeigt.

Der ordinäre und der extraordinäre Strahl sind beide senkrecht auf einander polarisirt, mit andern Worten, in jedem von beiden

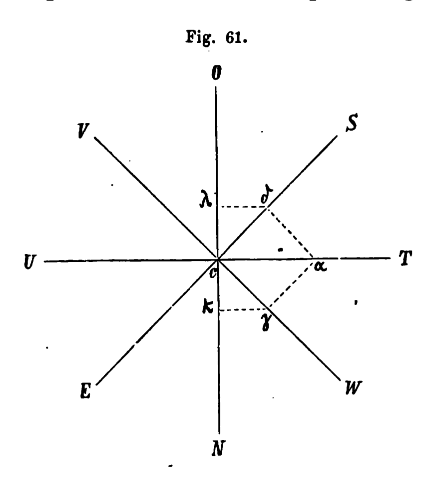
Wellensystemen gibt es nur Schwingungen in einer Ebene, und zwar stehen die Schwingungen des ordinären Wellensystems senkrecht auf den Schwingungen des extraordinären. Wenn Sie also Licht durch einen doppeltbrechenden Körper hindurchgehen lassen, so dass dasselbe irgend einen Winkel, auch einen rechten, mit der optischen Axe macht, so können sie immer zwei Wellensysteme unterscheiden, welche senkrecht auf einander polarisirt sind und mit ungleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden.

Fig. 60.



Wir denken uns nun, wir hätten auf den Tisch des Polarisationsmikroskops einen doppeltbrechenden Körper gelegt und so orientirt, dass die möglichen Schwingungen in demselben — das sind die Schwingungen des ordinären und die des extraordinären Strahles — Winkel von 45° machen mit der Schwingungsebene der unteren und der oberen Turmalinplatte. Dann wird das Licht, wenn es aus der unteren Turmalinplatte kommt, Impulse abzugeben haben für jede der beiden möglichen Schwingungsebenen. Um die Grösse derselben zu finden, werden wir die Impulse nach dem Kräfteparallelogramm zerlegen. Fig. 61 UT sei die Schwingungsebene des aus der unteren Turmalinplatte kommenden Lichtes, $c\alpha$ die Grösse irgend eines Impulses, so ziehe ich die senkrechten $\alpha\gamma$ und $\alpha\delta$, welche die unwirksamen Componenten sind, und finde $c\delta$ als wirksame Componente für die Schwingungsebene ES der extraordinären Strahlen und $c\gamma$ als wirksame Componente für die Schwingungsebene VW der ordinären Strahlen. Es darf nicht befremden, dass hier ein Impuls $c\alpha$ anscheinend zwei Impulse erzeugt hat, die zusammen grösser sind, als er selbst, die Impulse $c\gamma$ und $c\delta$. Man denke sich hier $c\alpha$, $c\gamma$ und $c\delta$ gemessen nach den Maximalgeschwindigkeiten, die erreicht werden; die Summe der lebendigen Kräfte, welche constant bleiben muss, ist der Summe der Quadrate dieser Geschwindigkeiten proportional und das Quadrat von $c\alpha$ ist in der That gleich der Summe der Quadrate von $c\gamma$ und $c\delta$. Da ferner die Schwingungsdauer des Lichtes von der Intensität desselben unabhängig ist, so sind die Ausweichungen der Theilchen den ersten Potenzen der Geschwindigkeiten proportional; sie können also gleichfalls unter den Grössen $c\alpha$, $c\gamma$ und $c\delta$ verstanden werden.

Fig. 61.



Die wirksamen Componenten werden nun das Licht in dem doppeltbrechenden Körper fortpflanzen. Die aus demselben austretenden Strahlen schwingen parallel den Ebenen VW und ES, und sie werden

im Mikroskope, dessen Gläser aus isotroper Substanz bestehen, ihre Schwingungsweise nicht ändern, bis sie an die obere Turmalinplatte kommen. Hier müssen sie dieselbe ändern; beide Wellensysteme werden wirksame Componenten abgeben, auch wenn wir uns das Sehfeld dunkel, also die Schwingungsebene der oberen Turmalinplatte in der Richtung von ON denken.

Um die unwirksamen und die wirksamen Componenten zu finden, ziehen wir $\delta\lambda$ und $\lambda\varkappa$ senkrecht gegen ON. Wenn beide Wellensysteme sich nach gleichen Gesetzen fortgepflanzt hätten, so müssten die beiden wirksamen Componenten $c\lambda$ und $c\varkappa$ sich einander aufheben, denn sie sind dann gleich und entgegengesetzt, es würde also das Sehfeld nach wie vor dunkel sein, es würde sein, als ob der doppeltbrechende Körper gar nicht vorhanden, oder als ob er nicht doppeltbrechend wäre.

Nun haben wir aber gesehen, dass in einem doppeltbrechenden Medium der ordinäre und der extraordinäre Strahl sich mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, sobald ihre Fortpflanzungsrichtung irgend einen Winkel mit der optischen Axe macht, und zwar, dass in den positiv doppeltbrechenden Körpern sich der ordinäre Strahl mit grösserer Geschwindigkeit fortpflanzt, und in den negativ doppeltbrechenden Körpern sich der extraordinäre Strahl mit grösserer Geschwindigkeit fortpflanzt. Es muss also je nach der Dicke des doppeltbrechenden Körpers, welche durchlaufen ist, der eine Strahl dem andern um ein Grösseres oder Geringeres vorausgelaufen sein.

Wenn dies der Fall ist, so werden auch $c\lambda$ und $c\varkappa$ nicht mehr nothwendig einander gleich und entgegengesetzt sein. Sie werden dies nur sein, wenn der eine Strahl dem andern gerade um eine ganze Wellenlänge oder um ein Vielfaches von einer ganzen Wellenlänge voraus ist. In allen andern Fällen werden sie sich einander nicht aufheben, und der doppeltbrechende Körper wird mithin hell im dunklen Sehfelde erscheinen.

Wenn man einen keilförmig zugeschärften doppeltbrechenden Körper — die Keilkanten und die optische Axe in Ebenen senkrecht zur Axe des Mikroskops — auf den Objecttisch des Polarisationsmikroskops legt, so bekommt man bei obiger Anordnung im homogenen, im monochroischen Lichte ein System von hellen und dunklen Streifen. Die Maxima der Helligkeit entsprechen den Dicken, in welchen der eine Strahl dem andern um eine halbe Wellenlänge oder um drei, fünf halbe Wellenlängen, kurz um ein ungrades Vielfaches von einer halben Wellenlänge vorausgelaufen ist, die Maxima der Dunkelheit entsprechen den Dicken, in welchen der eine Strahl dem anderen um ein gerades Vielfaches von einer halben Wellenlänge, also um eine ganze Wellenlänge oder um ein Vielfaches von einer ganzen Wellenlänge vorausgelaufen ist.

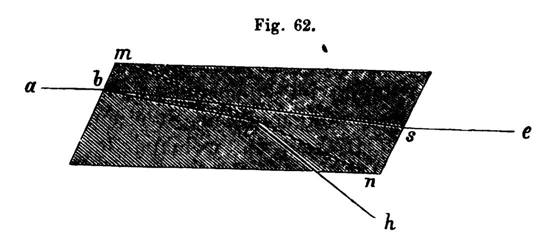
Wenn man nicht mit homogenem Lichte, sondern mit gemischtem Tageslicht beleuchtet, so bekommt man, indem die verschiedenen Farben sich nicht zu gleicher Zeit auslöschen, nicht helle und dunkle Streifen, sondern eine Farbenfolge, und zwar bei gekreuzten Turmalinplatten eine Farbenfolge, die analog entsteht derjenigen, welche das Newton'sche Farbenglas im auffallenden Lichte gibt. Das Gesetz der Entstehung ist dasselbe, aber die resultirenden Farben sind verschieden, je nach den optischen Constanten des doppeltbrechenden Körpers, je nach den

Geschwindigkeiten, mit denen sich der ordinäre und der extraordinäre Strahl in ihnen fortpflanzen. Dreht man die obere Turmalinplatte so, dass ohne doppeltbrechenden Körper das Sehfeld hell wäre, so löschen sich alle Farben aus, welche früher in der hellen Phase gewesen sind, und umgekehrt kommen diejenigen Farben zur Erscheinung, welche früher in der dunklen Phase gewesen sind. Man erhält also an jeder Stelle die complementäre Farbe zu derjenigen, welche früher dort zu sehen war, und so die Farbenfolge, welche ihrer Entstehung nach, der Farbenfolge analog ist, die das Newton'sche Farbenglas im durchfallenden Lichte gibt.

Da es im dunklen Sehfelde sehr deutlich sichtbar ist, wenn an irgend einer Stelle durch einen doppeltbrechenden Körper ein solcher Gangunterschied hervorgebracht worden, dass durch ihn hindurchgehendes Licht in eine helle Phase getreten ist, wenn auch die Lichtintensität noch gering: so kann man das Polarisationsmikroskop benützen, um kleine doppeltbrechende Körper auch schon in dünnen Schichten als doppeltbrechend zu erkennen.

Man muss, wie aus dem Obigen hervorgeht, den zu untersuchenden Körper so unter das Polarisationsmikroskop legen, dass die Schwingungsebenen einen Winkel, am besten von 45^0, mit der Schwingungsebene der oberen und der unteren Turmalinplatte einschliessen, dann erscheint er hell im dunklen Sehfelde. Man darf ihn nicht so orientiren, dass eine der in ihm möglichen Schwingungsebenen, entweder die für den ordinären oder die für den extraordinären Strahl, mit einer Schwingungsebene der Turmalinplatten zusammenfällt, denn dann würde die andere senkrecht darauf stehen und keine wirksame Componente haben. Bei gekreuzten Turmalinplatten würde dann der Strahl, der für die untere Turmalinplatte eine wirksame Componente hatte, keine für die obere geben, und ein so orientirter Körper müsste also im dunkeln Sehfelde auch dunkel erscheinen. Wenn ein doppeltbrechender Körper so orientirt ist, dass er im dunklen Sehfelde verschwindet, so sagt man, er sei in einem unwirksamen Azimute, das heisst, die in ihm möglichen Schwingungsebenen fallen zusammen mit den Schwingungsebenen der polarisirenden und analysirenden Vorrichtung.

Fig. 62.



Seit langer Zeit nun bedient man sich beim Polarisationsmikroskop nicht mehr der Turmalinplatten, weil diese zu viel Licht wegnehmen, indem sie mehr oder weniger gefärbt sind; man bedient sich der Nicol'schen Prismen. Nicol erhielt sein Prisma, indem er die spitzen Körperwinkel eines durch Spaltung erhaltenen Doppelspathrhomboids zu 68^0 zuschliff und es dann diagonal durchsägte in einem Schnitt, der durch die spitzen Kantenwinkel und die stumpfen Körperwinkel gelegt war. Die Schnittflächen polirte er und klebte sie mit Canadabalsam wieder zusammen. Denken Sie sich, *a b* sei der einfallende Strahl, der beim Eintritte in das Prisma in den ordinären Strahl *b c* und in den extraordinären

Strahl *bs* zerfällt. Beide gelangen zunächst an die Balsamschicht *mn*. Der extraordinäre Strahl, der sich im Kalkspath als in einem negativ doppeltbrechenden Körper mit grösserer Geschwindigkeit fortpflanzt, für welchen also der Kalkspath sich als ein weniger stark brechendes Medium verhält als für den ordinären Strahl, passirt sie und pflanzt sich weiter in der Richtung nach *e* hin fort. Der ordinäre Strahl aber wird, weil er sich mit geringerer Geschwindigkeit im Kalkspath fortpflanzt, stärker von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt und bekommt dadurch an der Grenze der Balsamschicht einen grösseren Einfallswinkel. Die Balsamschicht ist für ihn relativ zum Kalkspath ein schwächer brechendes Medium. In dieses soll er übergehen. Nun hat aber bei schiefer Incidenz das Uebergehen eines Strahles aus einem stärker brechenden Medium in ein schwächer brechendes seine Grenze. Wir haben gesehen, dass das allgemeine Gesetz der Dioptrik lautet $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v}{v'}$ das heisst, der Sinus des Einfallswinkels verhält sich zum Sinus des Brechungswinkels, wie sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten Medium zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium verhält. Diese Gleichung muss unter allen Umständen für $\sin r$ einen Werth geben, welcher kleiner ist als 1, so lange die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem zweiten Medium, also v', kleiner ist als v. Wenn aber umgekehrt v' grösser ist als v, dann tritt beim Wachsen von $\sin i$, also bei zunehmender schiefer Incidenz, eine Grenze ein, wo man $\sin r$ gleich 1 findet, das heisst der gebrochene Strahl liegt in der Trennungsfläche. Wächst $\sin i$ noch weiter, so wird $\sin r$ grösser als 1. Es gibt bekanntlich keinen Sinus, der grösser ist als 1, und unser Resultat bedeutet nichts Anderes als: Es gibt in diesem Falle keinen gebrochenen Strahl, der Strahl wird vollständig reflectirt. In diesen Fall der totalen Reflexion gelangt hier an der Balsamschichte der ordinäre Strahl *bc*; er wird nach *h* hin reflectirt und gelangt somit nicht in ein Auge, das in der Richtung *ea* durch das Prisma hindurchsieht. Sie haben also jetzt ein Wellensystem, und zwar das Wellensystem der extraordinären Strahlen, mit geradlinig polarisirtem Lichte. Dieses Prisma leistet Ihnen mithin denselben Dienst, wie eine Turmalinplatte, und wir haben es auch schon früher bei den Polarisationsapparaten zur Bestimmung des Zuckers im Harne kennen gelernt.

Ein solches Nicol'sches Prisma wird nun angebracht unter dem Objecttisch und ein zweites über dem Oculare. Weil ein solches Nicol'sches Prisma über dem Ocular das Sehfeld einengt, so hat man versucht, das zweite Nicol'sche Prisma, welches ja nur zwischen dem Auge und dem Object zu liegen braucht, in dem unteren Theile des Rohres des Mikroskops anzubringen. Die diesfälligen Versuche sind missglückt, wenigstens waren alle so construirten Polarisationsmikroskope, die ich zu sehen Gelegenheit hatte, für wissenschaftliche Zwecke unbrauchbar. Man ist deshalb wiederum zu der alten Einrichtung zurückgekehrt, das zweite Nicol'sche Prisma oben auf das Ocular drehbar aufzusetzen.

Untersucht man mit dem so eingerichteten Polarisationsmikroskope die Muskeln, so findet man, dass nicht die ganze contractile Substanz gleichmässig doppeltbrechend ist, sondern dass nur die sarcous elements doppeltbrechend sind. Die Zwischensubstanz, sowohl diejenige, welche

der Länge nach zwischen ihnen liegt, also die sogenannten Fibrillen von einander trennt, als auch diejenige, welche der Quere nach zwischen ihnen liegt und die sogenannten Bowman'schen Scheiben von einander trennt, ist isotrop. Ich unterscheide die Zwischensubstanz ausdrücklich in diese zwei Arten, da sie sich im geronnenen Muskel den Macerationsmitteln gegenüber so verschieden verhalten. In verdünnter Chlorwasserstoffsäure zerfällt der Muskel immer zuerst der Quere nach, während beim Maceriren im verdünnten Weingeist der Muskel immer zuerst der Länge nach, also in Fibrillen zerfällt, und dann die einzelnen Fibrillen sich erst bei weiterer Maceration in sarcous elements zerlegen.

Man hat in neuerer Zeit von isotropen Scheiben gesprochen, welche die doppeltbrechenden Bowman'schen Scheiben von einander trennen, ja man hat sogar von Kästchen gesprochen, in welches jedes einzelne sarcous elements eingebettet ist. Man darf aber niemals vergessen, dass diese Substanzen im Leben nicht die Consistenz haben, welche sie nach dem Tode erlangen. Nach dem Tode haben sie allerdings eine ziemliche Consistenz, während des Lebens haben sie aber offenbar eine äusserst geringe. Denken Sie sich einmal, wie fest, wie widerstandsfähig ein Muskel sein müsste, in welchem von so ausserordentlich kleinen Theilen, wie es die sarcous elements sind, jedes einzelne in ein Kästchen von relativ fester Substanz eingebettet wäre. Thatsächlich aber verhält sich der lebende Muskel fast wie eine flüssige Masse; so lange er nicht erregt ist, folgt er in allen seinen Theilen der Schwere, und selbst wenn er anfängt, sich zusammenzuziehen, thut er dies noch, und erst wenn er anfängt, seine eigene Substanz zusammenzudrücken, oder wenn er auf einen äusseren Widerstand stösst, verhärtet er sich. Ja Kühne theilt sogar mit, dass er in einer lebenden Muskelfaser eine Filaria habe herumschwimmen gesehen, welche sich zwischen den einzelnen sarcous elements durchschlängelte ohne dem Anscheine nach etwas zu zerreissen und ohne hinter sich eine Lücke zu lassen.

Man sieht die sarcous elements sehr schön hell auf dunklem Grunde, wenn man einfach die Nicol'schen Prismen kreuzt und dann die Muskelfaser so orientirt, dass sie mit ihrer Längsaxe einen Winkel von 45^0 macht mit den Schwingungsebenen in den Nicol'schen Prismen.

Es ist nicht unter allen Umständen angenehm, im dunklen Sehfelde zu beobachten. Wenn man aber die beiden Nicol'schen Prismen parallel stellt um helles Sehfeld zu machen, so sieht man nun die Polarisationserscheinungen keineswegs so deutlich wie früher bei gekreuzten Prismen, und zwar deshalb nicht, weil bei der ganzen Masse des Lichtes, welches ungeschwächt hindurchgeht und das Sehfeld erhellt, die Unterschiede nicht mehr so gut markirt sind, welche durch die doppeltbrechenden Theile hervorgebracht werden. Man nimmt deshalb seine Zuflucht zu einem andern Kunstgriff. Man legt einen doppeltbrechenden Körper von bestimmter Dicke, eine Lamelle von einem Gypskrystall oder eine Glimmerplatte unter das Object. Diese macht ein farbiges Sehfeld, und man schafft sich auch hier dadurch, dass man sie in bestimmter Dicke anwendet, eine Teinte de passage, wie wir sie beim Mitscherlich'schen Polarisationsapparate kennen gelernt haben, das heisst, man sucht sich ein Purpurviolett, welches bei Veränderung der Dicke der doppeltbrechenden Schicht einerseits rasch in Blau, andererseits rasch in Roth oder

Gelb übergeht. Dann bekommt man Bilder, bei denen der Grund hell und gleichmässig purpurfarben ist, während die sarcous elements sich je nach der Lage des Muskelbündels entweder mit blauer oder mit gelbrother bis gelber Farbe von dem Grunde absetzen.

Wenn man abgestorbene Muskeln im gewöhnlichen oder im polarisirten Lichte untersucht, so findet man eine grosse Menge verschiedener Anordnungen, wie sie in Fig. 63 bis 71 so dargestellt sind, dass die doppeltbrechende Substanz hell, die isotrope dunkel gezeichnet ist. Man findet theils sarcous elements, die durch gleichmässige Zwischenräume von einander getrennt sind, andererseits findet man zwischen den grösseren sarcous elements Schichten von kleineren sarcous elements, gleichsam

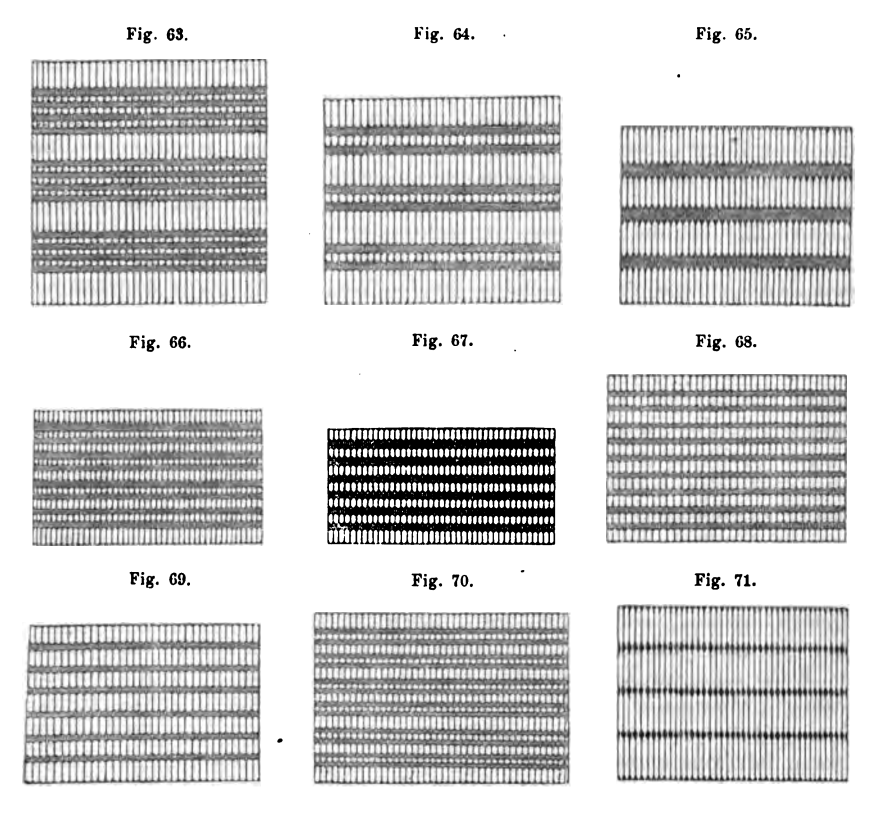


Fig. 63. Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69. Fig. 70. Fig. 71.

als ob diese von den grösseren sich abgetrennt hätten in dünneren Bowman'schen Scheiben und nun durch besondere Zwischensubstanz getrennt. Welches Schema im einzelnen Falle zur Erscheinung kommt, das hängt nicht allein von der Natur der Muskeln ab, sondern sehr wesentlich von den Bedingungen, unter welchen sie abgestorben sind. Fig. 63 bis 67 sind sämmtlich nach abgestorbenen und in Weingeist erhärteten Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus gezeichnet, Fig. 68 nach Muskeln von Tropidonotus natrix und Fig. 69 und 70 nach Muskeln von Menschen.

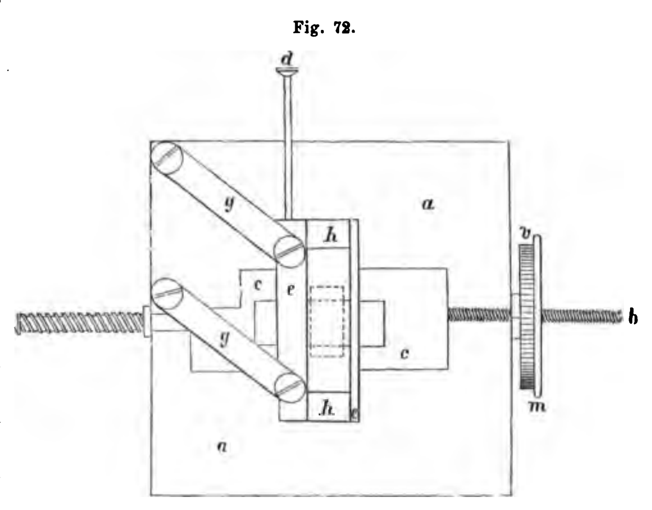
Bei lebenden Muskeln, die sich unter dem Mikroskope contrahiren, sehen Sie um so weniger von der Zwischensubstanz, je frischer und je unveränderter sie noch sind. Sie sehen entweder die isotrope Zwischensubstanz nur als eine ganz feine Linie, welche die sarcous elements von einander trennt, oder Sie sehen selbst die sarcous elements einander unmittelbar berühren und durch eine Reihe von rhombischen Punkten von einander nur unvollkommen getrennt, wie dies in Fig. 71 nach einer lebenden Schenkelmuskelfaser von Hydrophilus piceus dargestellt ist. Damit hängt es auch zusammen, dass man manchmal an ganz frischen Muskeln gar keine Querstreifen wahrnimmt. Schon in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts war diese Thatsache unter den Mikroskopikern allgemein bekannt. Dieselben Muskeln können aber unter andern Bedingungen, nachdem sie abgestorben sind, verhältnissmässig breite und deutliche Querstreifen zeigen, indem sich die sarcous elements mehr verkürzt und nun für eine Schicht von isotroper Zwischensubstanz Platz gelassen haben. Man darf sich auch, wenn man etwas über die Structur des contrahirten Muskels aussagen will, niemals auf irgend ein Bild verlassen, welches man an einem abgestorbenen Muskel sieht, man muss sich an diejenigen Bilder halten, welche man von lebenden, noch contractionsfähigen und sich noch contrahirenden Muskeln erhält. Besonders geeignet für diese Untersuchungen sind die Schenkelmuskeln eines in ganz Mitteleuropa vorkommenden grossen Wasserkäfers, des Hydrophilus piceus. Man bringt sie nur mit dem Deckglase bedeckt, ohne allen Zusatz irgend einer Flüssigkeit, unter das Mikroskop.

Wenn die Muskeln sich contrahiren, so werden ihre sarcous elements kürzer und dicker. Mit jedem einzelnen sarcous element geht dieselbe Veränderung vor, wie mit dem ganzen Muskel. Der ganze Muskel, wenn er sich contrahirt, wird nicht grösser und auch nur um ein höchst unbedeutendes kleiner, er behält im Wesentlichen sein Volum, aber jede einzelne Faser wird kürzer und dicker. Dass der Muskel bei der Contraction sein Volum nahezu behält, das kann man durch folgenden Versuch demonstriren. Durch einen Korkstöpsel, der auf eine kleine weithalsige Flasche passt, steckt man in der Mitte eine an beiden Enden offene Glasröhre, so dass sie nach oben um einige Zolle, nach unten aber gar nicht hervorragt. Zu beiden Seiten derselben steckt man durch den Kork ein paar Kupferdrähte, die man hakenförmig umbiegt, und die untere Hälfte, die durch ein Stück Wirbelsäule verbundenen Beine, eines enthäuteten Frosches so daran aufhängt, dass ein electrischer Strom, der von einem Haken zum andern geht, die Muskeln der Beine in Zusammenziehung versetzt, indem er deren Nerven durchwandert. Nun füllt man die Flasche völlig mit Wasser an, oder besser mit Kochsalzlösung von 0,6 Procent, und drückt den Stöpsel so in den Hals, dass keine Luftblase bleibt und die Flüssigkeit, welche man, um besser abzulesen, noch färben kann, in der Glasröhre bis zu einer gewissen Höhe aufsteigt. Dann versetzt man die Muskeln der Beine mittelst electrischer Ströme in Contraction und sieht, wie sich das Niveau der Flüssigkeit verhält. Es bleibt entweder ungeändert, oder wenn man eine sehr dünne Steigröhre angewendet hat, so dass man recht kleine Volumveränderungen beobachten kann, so sieht man wohl, dass es im Augenblicke, wo sich die Muskeln zusammenziehen, um ein geringes fällt.

Das rührt daher, dass die Muskeln bei der Contraction um ein Geringes ihre Substanz zusammendrücken.

Ehe wir zu ermitteln suchen, was bei der Contraction in jedem einzelnen der sarcous elements vorgeht, wollen wir versuchen, näher in ihre optischen Eigenschaften einzudringen. Sind sie positiv doppeltbrechend oder sind sie negativ doppeltbrechend? Sind sie einaxig oder zweiaxig? Es gibt, wie erwähnt, Krystalle, die einaxig doppeltbrechend sind, und Krystalle, welche zweiaxig doppeltbrechend sind, das heisst solche, die nur eine Linie haben, in welcher ordinärer und extraordinärer Strahl sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, und solche, die zwei solcher Linien, also zwei optische Axen haben. Es lässt sich im hohen Grade wahrscheinlich machen, dass die sarcous elements einaxig doppeltbrechend sind, und dass ihre optische Axe parallel läuft mit der Axe der Faser. Es lassen sich zwar hier die strengen Methoden nicht anwenden, welche man in der Krystallographie anwendet, aber auf dem Wege des Ausschliessens kommt man zu dem Resultate, dass die sarcous elements einaxig doppeltbrechend sind. Wenn man Querschnitte von Muskelfasern macht und unter das Mikroskop bringt, so findet man immer, dass diejenigen, in welchen die Fasern, also auch die sarcous elements genau senkrecht stehen, optisch inactiv sind, und dass nur diejenigen, welche gegen die Axe des Mikroskops geneigt sind, beim Umdrehen auf dem Objecttische in den wirksamen Azimuthen hell, in den unwirksamen dunkel erscheinen. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass eine optische Axe vorhanden ist, welche parallel ist zur Axe der Muskelfaser. Eine zweite optische Axe können wir nicht auffinden. Da die erste mit einer Cardinalrichtung in den Muskelfasern, mit der Längsrichtung, parallel ist, so wird es schon dadurch wahrscheinlich, dass keine zweite optische Axe vorhanden ist.

Fig. 72.



Die zweite Frage ist: Sind die sarcous elements positiv oder negativ doppeltbrechend. Um dies zu ermitteln, bedient man sich eines Apparates, der Fig. 72 abgebildet ist, und den man auf dem Objecttische des Polarisationsmikroskops anbringt. Die quadratische Platte *a a* ist von Metall und trägt einen Schlitten *c c*, der als Rahmen einen flachen Keil von Bergkrystall mit einem Winkel von $1^0\ 6'\ 54''$ trägt, den man parallel

mit der Richtung der krystallographischen Hauptaxe geschnitten hat. Dieser Schlitten kann mittelst der Mikrometerschraube *b* hin und her bewegt werden. Ueber demselben bewegt sich ein zweiter Schlitten *dhehe*, und zwar mittelst eines Parallelogrammes *g g*, so dass die optische Axe eines zweiten Quarzkeils von $1^0\ 6'\ 54''$, den dieser zweite Schlitten trägt, immer genau senkrecht steht zu der optischen Axe des ersten Quarzkeiles. Der zweite Quarzkeil ist in derselben Weise erhalten dadurch, dass man parallel mit der krystallographischen Hauptaxe eines Bergkrystalls geschnitten hat. Nun sehen Sie leicht ein, dass die Impulse der ordinären Strahlen in dem einen Quarzkeil, weil der zweite mit seiner optischen Axe senkrecht darauf liegt, in letzterem die extraordinären Strahlen erzeugen müssen, und umgekehrt, die Impulse der extraordinären Strahlen in dem ersten Quarzkeile die lebendigen Kräfte hergeben müssen für das Wellensystem der ordinären Strahlen im zweiten Quarzkeile. Wenn also das eine Wellensystem dem andern in dem ersten Quarzkeile um ein Stück vorausläuft und es im zweiten Keile eine gleiche Dicke zu durchwandern hat, so erleidet es in dem zweiten Keile wieder eine derartige Verzögerung, dass sich die Wirkungen beider Keile vollständig compensiren. Je nachdem ich nun eine dickere oder eine dünnere Stelle des zweiten Keiles über eine bestimmte Stelle des ersten bringe, kann ich einen grösseren oder geringeren Gangunterschied hervorbringen. Es dienen mir also diese beiden Quarzkeile in derselben Weise, wie mir Glimmerplatten von verschiedener Dicke dienen würden, ich kann dadurch alle den Farben des Newton'schen Ringsystems analogen Farben hervorbringen, die, welche den Farben des reflectirten Lichtes analog sind, und die, welche den Farben des durchgelassenen Lichtes analog sind, je nachdem ich meine Nicol'schen Prismen kreuze oder parallel stelle. Die Nüancen der einzelnen Farben, welche entstehen, sind dann bestimmt durch die Geschwindigkeiten, mit denen sich die einzelnen monochromatischen Farben im ordinären und im extraordinären Strahle fortpflanzen.

Nun benutze ich den einen dieser Quarzkeile, den oberen, der frei in der Rinne *hh* zwischen den Leisten *ee* liegt, als Objectträger: auf ihm breite ich die Muskelfasern aus, welche ich untersuchen will; ich lege einige so, dass ihre optische Axe der optischen Axe dieses Quarzkeils parallel liegt, andere so, dass ihre Axe senkrecht gegen die optische Axe des Quarzkeiles liegt. Nachdem ich nun den Quarzkeil mit den Muskelfasern an seinen Ort im Instrumente zurückgelegt und eine bestimmte Farbe eingestellt habe, erfahre ich mit Leichtigkeit aus der Drehung der Schraubenmutter *v m*, wie die Farben auf einander folgen, welche einer Verdickung des Keils entsprechen, und wie die Farben auf einander folgen, welche einer Verdünnung des Keils entsprechen. Ich kann also auch ermitteln, ob die daraufliegenden Muskelfasern, welche nun eine andere Farbe zeigen, als der Grund, wirken wie eine Verdünnung oder wie eine Verdickung des Keils. Ich finde dann, dass die Muskelfasern, welche auf dem oberen Keile parallel mit seiner optischen Axe liegen, wirken wie eine Verdickung eben dieses oberen Keils und diejenigen, welche senkrecht darauf liegen, alo parallel mit der optischen Axe des unteren Keiles, wirken wie eine Verdünnung des oberen Keiles, beziehungsweise wie eine Verdickung des unteren. Die Muskelfasern wirken

also immer wie eine Verdickung desjenigen Keiles, mit dessen optischer Axe ihre optische Axe parallel liegt, das heisst, die Muskelfasern sind positiv, denn der Bergkrystall, aus dem die Keile geschnitten worden sind, ist ein positiv doppeltbrechender Körper.

Jetzt muss ich mich weiter fragen: Wie verhält sich das sarcous element in seinen optischen Eigenschaften bei der Contraction. Das ist mir von besonderer Wichtigkeit für die ganze Vorstellung, welche ich mir vom sarcous element zu machen habe. Ist das sarcous element ein einheitlicher Körper, so müssen, wenn sich dasselbe verkürzt und verdickt, die optischen Constanten desselben sich ändern, denn in einem einheitlichen Körper geht eine Veränderung der äusseren Form auf das Molekül über, bringt eine Veränderung des Moleküls hervor. Wenn ich ein Glasstück von zwei Seiten zusammendrücke, so wird es doppeltbrechend, wenn ich einen Kautschukriemen ausziehe, wird er doppeltbrechend. Wenn dagegen das sarcous element aus lauter kleinen doppeltbrechenden Theilen bestehen sollte, welche nur ihre Anordnung ändern, so werden sich die optischen Constanten des sarcous element nicht ändern.

Ich betrachte zunächst einen lebenden Muskel während der Contraction unter dem Mikroskope. Der Musculus mylohyoideus vom Frosch lässt sich dazu anwenden, da er dünn genug ist, um eine Untersuchung im polarisirten Lichte zu gestatten: aber die Bewegungen desselben sind geschwind, zuckend, und dann zieht er sich auch auf den electrischen Reiz ungleichmässig zusammen. Es zieht sich die eine Partie zusammen und reckt die andere Partie aus. Ich habe aber wenigstens Gelegenheit, zu sehen, dass die sich zusammenziehende Partie, also die dickere, immer eine dieser grösseren Dicke entsprechende Farbe annimmt, während die andere Partie, welche ausgereckt wird, immer ihrer Verdünnung entsprechend, die Farbe einer dünneren Schichte annimmt. Viel entscheidendere Antwort auf meine Frage erhalte ich, wenn ich Muskeln vom Hydrophilus piceus zwischen die zwei Gläser eines sogenannten Compressoriums einschliesse, so dass sich die Dicke der beobachteten Schichte nicht verändern kann. Die Muskeln sterben durch den gelinden Druck, den sie dabei zu ertragen haben, nicht ab, sie contrahiren sich nach wie vor. Beobachte ich sie unter dem Polarisationsmikroskop, so sehe ich, dass die sarcous elements ihre Farbe nur ändern, insoweit bei der Contraction ihre Azimuthe sich ändern; insofern sich dieselben nicht ändern, bleibt ihre Farbe dieselbe. Es macht sich also während der Contraction keine Aenderung der optischen Constanten bemerkbar, und ich sehe mich deshalb genöthigt, anzunehmen, dass jedes sarcous element noch wiederum aus einer Anzahl von kleinen doppeltbrechenden Körpern besteht. Diese kleinen doppeltbrechenden Körper habe ich nach dem Ausdrucke, dessen sich der Entdecker der Doppeltbrechung im Kalkspath bedient, mit dem Namen der Disdiaklasten bezeichnet. Ob dieselben einzeln jemals Gegenstand der directen Beobachtung gewesen sind, weiss man nicht mit Sicherheit. Wenn man lebende Muskeln in destillirtes Wasser hineinwirft, und sie darin absterben lässt, und dann die Endstücke derselben, welche zunächst von dem destillirten Wasser zerstört worden sind, unter das Polarisationsmikroskop bringt, sieht man im dunkeln Sehfelde nicht die sarcous elements, sondern einen feinen, silbergrauen, molekularen Staub, in welchen die sarcous elements zerfallen

sind. Ob die kleinen doppeltbrechenden Körper, welche diesen Anblick hervorrufen, die Disdiaklasten selbst oder noch Gruppen derselben sind, das weiss man nicht; so viel ist aber gewiss, dass hier jedes sarcous element in eine grosse Anzahl kleiner doppeltbrechender Körper zerfallen ist, und dass es aus einer grossen Anzahl von kleinen doppeltbrechenden Körpern besteht. Diese directe Beobachtung macht die Frage nach der Existenz der Disdiaklasten unabhängig von der Frage, ob sich die Doppeltbrechung bei der Contraction ändert oder nicht. Valentin und von Ebner geben an unter der Contraction eine Abnahme der Doppeltbrechung beobachtet zu haben, während L. Herrmann zu demselben negativen Resultate gekommen ist, wie ich. Beiläufig will ich erwähnen, dass gesagt worden ist, ich hätte die Disdiaklasten als Crystalle bezeichnet. Ich habe dies nie gethan, und würde dazu auch kein Recht gehabt haben, da nicht Alles, was doppeltbrechend ist auch krystallinisch zu sein braucht.

Die quergestreiften Muskeln, deren feinere Structur wir in dem bisherigen kennen gelernt haben, sind, wie bekannt, im Allgemeinen Prismen, die sich entweder an einer Sehne, und zwar, wie du Bois nachgewiesen hat, in der Regel mit facettenförmigen Enden, das heisst mit Enden, welche so beschaffen sind, als ob sie durch schräge Schnitte zugeschnitten worden wären, anheften, oder auch spitz zulaufend im Innern von Muskeln endigen, oder sich endlich, wie dies z. B. in der Zunge und im Herzen der Fall ist, mannigfach verzweigen. Sie enthalten ausser der contractilen Substanz eine grössere oder geringere Menge von Kernen, welche die Ueberbleibsel sind derjenigen Zellen, welche ursprünglich den Muskel aufgebaut haben. Sie tragen auch an ihren beiden Enden immer noch eine grössere oder kleinere Menge von unmetamorphosirtem Protoplasma. Da man die Reste der Zellen, welche den Knochen aufgebaut haben, mit dem Namen der Knochenkörperchen bezeichnet, da man in der Uebereinstimmung damit die Zellen, welche das Bindegewebe aufgebaut haben, mit dem Namen der Bindegewebskörperchen bezeichnet, so bezeichnet man diese Kerne mit ihrem Protoplasmareste auch wohl mit dem Namen der Muskelkörperchen.

Mittel, durch welche die Muskeln in Contraction versetzt werden.

Die Reize, durch welche die Muskeln in Contraction versetzt werden können, sind sehr verschiedener Art. Wenn man Muskeln eines frisch getödteten Thieres kneipt, zerrt, oder wenn man etwas hart mit einer Sonde herüberfährt, sieht man sie sich zusammenziehen. Man glaubte früher, dass dies nur davon herrühre, dass Nerven gereizt worden sind: man ist aber jetzt durch ein Indianer-Pfeilgift, das Curare, im Stande, die Nerven innerhalb der Muskeln zu vergiften, so dass ihre Reizbarkeit vollkommen erlischt, und man es dann nur mit der Muskelsubstanz zu thun hat. Man findet, dass dergleichen mit Curare vergiftete Muskeln nicht nur nicht unempfindlich, sondern sogar im hohen Grade empfindlich gegen mechanische Reize sind. Es ist also die Muskelsubstanz, welche hier direct gereizt wird. Dasselbe gilt von den chemischen Reizen. Die chemischen Reize können wirken von den Nerven aus,

welche sich im Muskel verbreiten, sie wirken aber auch auf den nervenlosen Muskel, sie wirken direct auf die contractile Substanz, und zwar wirken gewisse chemische Reize auf die contractile Substanz, welche auf den Nerven angebracht, unwirksam sind. Es ist z. B. nicht gelungen, einen Muskel vom Nerven aus mittelst Ammoniak zum Zucken zu bringen; wenn Sie dagegen über eine Ammoniakflasche einen Muskel an einer Pincette halten, so dass er nur von den Dämpfen des Ammoniaks getroffen wird, geräth er in zuckende Bewegungen. Bei unseren physiologischen Versuchen werden aber mechanische und chemische Reize wenig angewendet, wir bedienen uns meistens der electrischen Reize und mit diesen wollen wir uns hier näher beschäftigen.

Das älteste electrische Reizmittel war die sogenannte einfache Armatur. Sie bestand in einem spitzig zugeschnittenen Stücke Zinkblech und einem ebenso gestalteten Stücke Kupferblech, welche beide mittelst eines Kupferdrahtes mit einander verbunden waren. Wenn sie auf den Muskel oder Nerv aufgesetzt wurden, wirkte derselbe als feuchter Leiter, das Ganze bildete Kette mit einander, und indem der Stromkreis geschlossen oder geöffnet wurde, entstand eine Zuckung. Als Volta später seine Säule aufbaute, bemerkte er bald, dass man von dieser viel heftigere physiologische Wirkungen haben könne, Wirkungen, welche, wie wir jetzt wissen, theils auf die Nerven, theils aber auch direct auf die Muskelsubstanz ausgeübt werden. Wenn man kräftige physiologische Wirkungen haben will, so wendet man jetzt zwar nicht die Volta'sche Säule an, weil es unbequem ist sie stets neu aufzubauen, und weil ihre Wirkung bald abnimmt, weil sie keine constante Kette bildet: aber man wendet Ketten nach dem Principe der Volta'schen Säule an, indem man eine Reihe von Elementen zusammensetzt, welche man so einzurichten pflegt, dass ihr Strom constant ist, dass der Sauerstoff und der Wasserstoff, welche an den wirksamen Metallen ausgeschieden werden und den Kettenstrom schwächen, weil sie Kette in entgegengesetzter Richtung bilden, wieder verzehrt werden, und deshalb die Wirkung einer solchen Kette längere Zeit ungeschwächt fortdauert. Wir begnügen uns dabei mit Elementen von mässiger Grösse und vermehren die Zahl derselben so lange, bis wir dadurch die hinreichende Wirkung haben. Wir müssen das deswegen thun, weil wir durch Vergrösserung eines einzelnen Elementes niemals kräftige physiologische Wirkungen erlangen würden. Die Intensität eines electrischen Stromes ist nämlich $J = \frac{E}{L + \lambda}$, darin bedeutet E die electromotorische Kraft, L bedeutet den sogenannten wesentlichen oder inneren Widerstand, das heisst den Widerstand in der Kette selbst, und λ bedeutet den ausserwesentlichen oder äusseren Widerstand, das heisst denjenigen Widerstand, welchen ich durch den Schliessungsdraht und durch die eingeschalteten Theile zu Wege bringe. Nun kann ich die Intensität des Stromes, J, vergrössern, entweder indem ich den Nenner des Bruches verkleinere, oder indem ich den Zähler des Bruches vergrössere. Verkleinern kann ich den Nenner nur wirksam, wenn zugleich λ, der äussere Widerstand, klein ist. Zu dem äusseren Widerstande tragen aber hier bei thierische Theile, durch welche ich den Strom hindurchleiten muss, und deren Widerstand immer relativ gross ist: deshalb würde es mir nichts nützen, durch Vergrösserung des

Querschnittes meiner Kette den Leitungswiderstand zu verringern. Es bleibt mir nichts übrig, als den Zähler des Bruches zu vergrössern. Die electromotorische Kraft ist abhängig von der Natur der Elemente und von der Anzahl der Elemente. Ich vermehre deshalb die Anzahl der Elemente so lange, bis ich diejenige physiologische Wirkung habe, welche ich brauche.

Wenn ich nun auf diese Weise einen für meine Zwecke brauchbaren constanten Strom hergestellt habe, und dessen Wirkung auf die Muskeln untersuche, so finde ich, dass er, während er geschlossen ist, viel weniger wirksam ist, als während des Schliessens und des Oeffnens. Das hat in folgendem seinen Grund. Der constante Strom wirkt von den Nerven aus auf die Muskeln in der Regel gar nicht. Nur gewisse sehr empfindliche Präparate, wie man sie von durchkälteten und dann in die Wärme gebrachten Fröschen erhält, machen eine Ausnahme. Auch die Zungenmuskulatur scheint sich abweichend zu verhalten, denn Eckhard beobachtete in der Zunge ein Flimmern, wenn er durch den N. Hypoglossus einen mittelstarken constanten Strom absteigend fliessen liess. Auf die Muskelsubstanz direct wirkt der constante Strom allerdings insofern ein Muskel, wenn ein starker constanter Strom durch ihn fliesst, fortwährend bis zu einem gewissen Grade contrahirt bleibt. Wenn man aber die Stromstärke stufenweise schwächt, so findet man, dass schwache Ströme, welche den mit Curare vergifteten, den entnervten Muskel beim Schliessen und Oeffnen noch zucken machen, ihn nicht mehr in eine wahrnehmbare dauernde Zusammenziehung versetzen. Wenn ich die Stromstärke steigere, bekomme ich auch während der Dauer des Stromes eine Verkürzung, erst eine geringere und zuletzt, wenn ich sehr starke Ströme anwende, eine bedeutende. Diese Zusammenziehung hat einen eigenthümlichen Charakter. Es ziehen sich nicht alle Theile des Muskels gleichzeitig zusammen, sondern man sieht unregelmässige partielle und wellenförmige Contractionen über ihn ablaufen. Sie verbreiten sich bei starken Strömen über die ganze durchflossene Strecke, sie sind am stärksten und dauern am längsten in der Nachbarschaft der negativen Electrode, sie sind am schwächsten und vergehen zuerst in der Nachbarschaft der positiven Electrode, so dass sie bei schwachen Strömen nur an der negativen Electrode merklich werden.

Ich kann aber den Muskel auch in dauernde Zusammenziehung versetzen, wenn ich ihn so rasch hintereinander zu Zuckungen bewege, dass er dazwischen keine Zeit hat, zu erschlaffen. Dies bezeichnet man mit dem Namen des Tetanisirens. Das kann ich nun machen, indem ich die Kette, welche mir den constanten Strom gibt, rasch hinter einander öffne und schliesse, und ich wende, um dies mit einer gewissen Regelmässigkeit thun zu können, ein sogenanntes Neef'sches Blitzrad an. Dieses besteht aus einem Sterne aus Kupfer, der an einer Axe gedreht wird, und mit seinen Zacken in ein Quecksilberniveau eintaucht. Jedesmal, wenn ein Zahn eintaucht, wird der Strom geschlossen, indem der eine Poldraht mit dem Quecksilber, der andere mit dem kupfernen Stern leitend verbunden ist, jedesmal, wenn der Zahn aus dem Quecksilber herausgehoben wird, wird der Strom geöffnet. Ich kann auch statt des Sternes aus Kupfer eine Scheibe aus Kupfer anfertigen, welche am Rande Ausschnitte besitzt, welche mit Elfenbein oder Buxholz eingelegt sind.

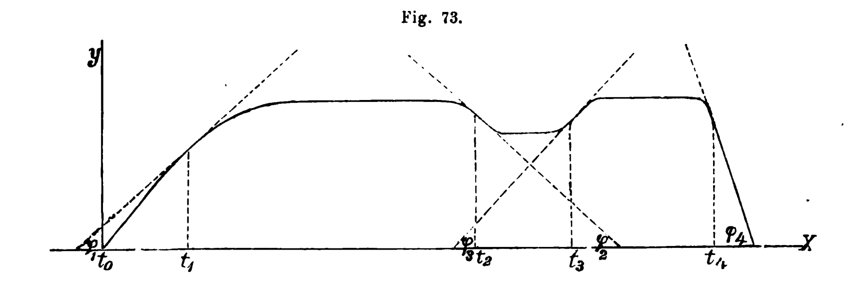
Auf dem Rande schleift eine metallene Feder, mit der der eine Poldraht verbunden ist, während der andere Poldraht mit der Scheibe verbunden ist. Die Scheibe wird gedreht; sobald sich die metallische Feder auf dem Kupfer befindet, ist der Strom geschlossen, wenn sie sich auf den dazwischen liegenden Stücken von Elfenbein oder Buxholz befindet, ist der Stromkreis offen.

Inductionsapparate.

Ich kann mit der eben besprochenen Vorrichtung alle physiologischen Wirkungen erzielen, auch die stärksten, welche man nur irgendwie in der Physiologie oder in der Electrotherapie braucht; aber bequem sind diese Apparate nicht. Ich muss immer eine grosse Menge von Elementen zu einer Kette zusammensetzen, um einen hinreichend wirksamen Strom zu bekommen, wenn ich den menschlichen Körper oder Theile desselben einschalte, wie dies in der Electrotherapie geschieht. Man zieht es deshalb in vielen Fällen vor, statt des sogenannten primären Stromes, von welchem ich hier gesprochen habe, den secundären Strom, den Inductionsstrom anzuwenden.

Wenn in einem geschlossenen Leiter ein Strom entsteht oder vergeht, so entsteht jedesmal in einem benachbarten geschlossenen Leiter auch ein Strom, und diesen Strom nennt man den Inductionsstrom, während man den Strom, der ihn inducirt hat, als den primären bezeichnet. Der Inductionsstrom ist dem primären Strome entgegengesetzt

Fig. 73.



gerichtet, wenn der letztere entsteht, er ist ihm gleich gerichtet, wenn derselbe vergeht. Es entsteht nicht nur beim Schliessen und Oeffnen des primären Kreises in dem benachbarten geschlossenen Leiter ein Strom, sondern stets wenn der primäre Strom anwächst, oder wenn der primäre Strom abfällt. Wenn der primäre Strom anwächst, entsteht ein Strom, welcher dem primären entgegengesetzt gerichtet ist, wenn er abfällt, entsteht ein Strom, welcher ihm gleich gerichtet ist. Fig. 73 zeigt ein Coordinatensystem, die Zeiten sind als Abscissen, die Stromstärken als Ordinaten aufgetragen. Mit der Zeit t_0 soll der Strom anfangen und soll ansteigen bis zu einem gewissen Maximum, soll dann eine Weile constant sein, dann soll er absinken, wieder constant werden, wieder ansteigen, wieder constant werden und endlich soll die Stromstärke rasch bis auf Null abfallen. Dann besteht ein Inductionsstrom, bis der Strom zu seiner ganzen Höhe angestiegen ist, während er constant

ist, besteht keiner, wenn er abfällt, besteht wieder einer, wenn er constant wird, verschwindet er u. s. w., endlich wenn der Kreis geöffnet wird oder der Strom aus irgend einer anderen Ursache rasch bis auf Null abfällt, entsteht wiederum ein kurzdauernder gleichgerichteter Inductionsstrom. Wenn Sie einen Maasstab haben wollen für die Stärke des Inductionsstromes zu irgend einer Zeit t_n, so legen sie da, wo die zugehörige Ordinate die Curve trifft, eine Tangente an dieselbe: diese wird mit der Abscissenaxe einen Winkel φ machen, und $tg\varphi$ gibt einen Maasstab für die Stärke des Inductionsstroms, indem, wenn wir die zugehörigen Winkel mit $\varphi_0, \varphi_1 \; . \; . \; . \; . \; \varphi_n$ bezeichnen, die Stromstärken zu den Zeiten t_m und t_n sich unter einander verhalten, wie $tg\,\varphi_m$ zu $tg\,\varphi_n$. Je plötzlicher also der Strom ansteigt und je plötzlicher er abfällt, um so kürzere Dauer, aber um so grössere Intensität haben die Inductionsströme. Ist der Winkel φ in der Richtung offen, in der man auf der Abscissenaxe fortschreitet, so ist der Inductionsstrom dem primären Strome entgegengesetzt gerichtet, ist φ nach rückwärts offen, so ist er ihm gleichgerichtet, d. h. ein durch Stromabnahme hervorgebrachter inducirter Strom ist dem primären gleich, ein durch Stromzunahme erzeugter ihm entgegengesetzt gerichtet.

Ich kann nun mit einem einzelnen Elemente sehr starke Inductionsströme erzeugen. Ich gebe diesem einzelnen Elemente eine ziemliche Grösse und leite seinen Strom in einen dicken Kupferdraht, aus dem ich eine Spirale aufwickle. So erhalte ich die Spirale für den primären Strom, die sogenannte primäre Spirale. Auf diese schiebe ich eine zweite Spirale von sehr feinem Kupferdraht; das ist die Spirale, in welcher die Inductionsströme erzeugt werden sollen. Ich nehme für die primäre Spirale dicken Kupferdraht, weil ich nur ein Element angewendet habe, und deshalb in meinem $J = \frac{E}{L + \lambda}$ der wesentliche Widerstand, L, klein ist. Es ist mir bei diesem Umstande möglich, eine grosse Stromintensität zu erzielen, wenn ich den ausserwesentlichen Widerstand λ auch klein mache. Dagegen nehme ich in der zweiten Spirale, in der Inductionsspirale, einen sehr dünnen Kupferdraht, damit ich ihn innerhalb eines engen Raumes möglichst oft um die primäre Spirale herumführen und dadurch die Inductionswirkung vermehren kann. Ob ich dabei den Leitungswiderstand in der secundären Spirale erhöhe oder nicht, kümmert mich wenig, weil ich ausserdem den beträchtlichen Widerstand thierischer Theile einschalten muss. Ich kann also ohnehin nicht daran denken, die Stromstärke zu erhöhen dadurch, dass ich den Leitungswiderstand auf ein sehr geringes Maass herabdrücke; ich bin darauf angewiesen, die Stromstärke zu steigern durch Multiplication der electromotorischen Wirkungen, und das geschieht eben dadurch, dass ich den Draht der Inductionsspirale immer von Neuem und immer von Neuem um die primäre Spirale herum führe. Ich brauche nun in den Kreis der primären Spirale nur ein Blitzrad einzuschalten, dieses zu drehen, so den primären Strom rasch hintereinander zu schliessen und zu öffnen, und bekomme in Folge jeder Schliessung und Oeffnung einen Inductionsstrom, welchen ich unmittelbar verwerthen kann. Um die Wirkung noch zu verstärken, lege ich ein Bündel von gefirnissten Eisendrähten in die primäre Spirale hinein; die letztere wirkt auf diese Eisendrähte

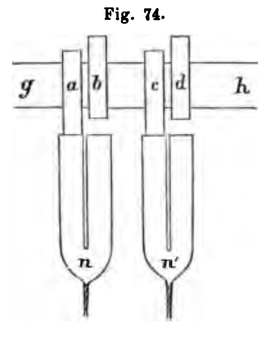
magnetisirend, und der entstehende und vergehende Magnetismus dieser Eisendrähte wirkt inducirend auf die secundäre Spirale im Sinne einer Verstärkung der Inductionsströme; denn der entstehende Magnetismus inducirt in einem benachbarten geschlossenen Leiter einen Strom entgegengesetzt demjenigen, der ihn selbst hervorbringt, oder hervorbringen könnte, und der vergehende Magnetismus erzeugt einen diesem gleichgerichteten Inductionsstrom. Dass man ein Bündel gefirnisster Drähte und nicht einen einzigen dicken Eisencylinder wählt, hat darin seinen Grund, dass man das Entstehen von Strömen in einer grösseren zusammenhängenden Eisenmasse vermeiden will.

Apparate dieser Art sind vielfältig in Gebrauch gewesen, aber sie sind noch nicht die zweckmässigsten, welche man haben kann. Man muss erstens dabei noch eine Kette anmachen, und zweitens muss man eine Kurbel drehen. Eines von beiden kann man sich ersparen.

Der magneto-electrische Rotationsapparat.

Wenn man sich das Anmachen einer Kette ersparen will, so bedient man sich einer sogenannten Pixii'schen oder Stöhrer'schen Maschine. Es ist dies ein Instrument, welches auf der Wirkung der magnetischen Induction beruht. Vor einem starken Hufeisenmagneten, den man gewöhnlich durch einfache oder terrassenförmige Aneinanderlagerung mehrerer Hufeisenmagnete herstellt, wird ein Anker aus weichem Eisen gedreht, dessen beide Schenkel mit einer Drahtspirale umwickelt sind. Der Draht liegt auf dem Anker so, dass er erst den einen Schenkel mit allen Windungen umspinnt, die er bekommen soll, dann auf den anderen Schenkel übergeht und nun diesen in einer gleichen Anzahl von Windungen umgibt. In dem Augenblicke, wo sich die Enden des weichen Hufeisens den Polen des Magnets nähern, wird, indem das Hufeisen magnetisch wird, ein electrischer Strom inducirt, und in dem Augenblicke, wo sie sich davon entfernen, um sich in gewechselter Stellung den Polen wieder zu nähern, ein entgegengesetzter. Wenn man also mittelst der Enden der doppelten Drahtspirale diese Ströme zu einem Muskel oder Nerven ableitet, so hat man eine Reihe von Schlägen, die denselben in stets wechselnder Richtung durchzucken. Je rascher man dreht, um so kürzer, aber auch um so kräftiger sind die Stromstösse. Nun kann es aber bisweilen wünschenswerth sein, nicht entgegengesetzt gerichtete, sondern immer gleichgerichtete Ströme zu haben, und das wird erzielt durch eine eigenthümliche Vorrichtung, die bewirkt, dass die Electroden, die an Muskel oder Nerv angelegt sind, jedesmal in demselben Augenblicke ihre Verbindung mit den Enden der Drahtspirale umtauschen, in welchem sich in letzterer der Strom umkehrt. Ihre Enden gehen deshalb nicht direct zu den Electroden, sondern zu zwei isolirt in einander steckenden messingenen Hülsen, welche die stählerne Drehungsaxe des

Fig. 74.



Apparates umgeben und je zwei Messingscheiben tragen. Diese vier Scheiben seien *a b c d* in Fig. 74. Dann ist *a* und *d* mit dem einen Drahtende und *b* und *c* mit dem anderen Drahtende leitend verbunden. Jede dieser Scheiben ist nun in der in Fig. 75 gezeichneten Weise beschnitten, so dass jedes Paar derselben, sowohl das Paar *a b*, als auch das Paar *c d*, in der Richtung der Axe projicirt, die Fig. 76 gibt. Die auf den Scheibenpaaren schleifenden gespaltenen messingenen Federn *n* und *n'*, durch welche der Strom zu den Electroden geleitet wird, berühren deshalb bei der Drehung der Axe *g h* stets je eine der Scheiben und vertauschen durch die Stellung, die man den Scheiben gegeben hat, ihren Contact gerade in demselben Augenblicke, in welchem sich in der Drahtspirale der Strom umkehrt. So wird der sich umkehrende Strom wieder umgekehrt und behält deshalb in dem Bahnstücke von *n* zu *n'* stets dieselbe Richtung. Diese Art von Instrumenten wird jetzt im Ganzen zu therapeutischen Zwecken wenig angewendet, weil sie nur mässig starke Wirkungen geben, wenn sie in kleinen Dimensionen ausgeführt werden; und wenn man sie in grossen Dimensionen ausführt, so werden sie durch die Schwere der permanenten Magnete unbequem. Man entschliesst sich deshalb heut zu Tage eine Kette anzumachen und erspart sich dafür das Drehen einer Kurbel, man arbeitet jetzt fast ausschliesslich mit Instrumenten, welche nach dem Principe des Neef'schen Magnetelectromotors gebaut, das heisst mit einem Neef'schen Hammer versehen sind.

Fig. 75.

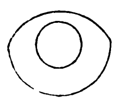
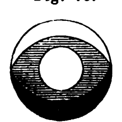


Fig. 76.

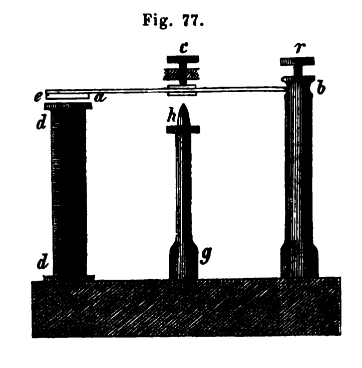


Neef's Magnetelectromotor.

Ein solcher Apparat besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen. Der erste Theil ist die Kette mit der primären Spirale und den Mitteln den primären Stromkreis rasch hinter einander zu öffnen und zu schliessen, der zweite Theil des Apparates ist die secundäre Spirale mit ihren Electroden und dem von du Bois angegebenen Schlitten, auf welchem die secundäre Spirale hin und hergeschleift werden kann, um die Wirkung des Instrumentes beliebig bis auf Null abschwächen zu können. Je mehr man nämlich die secundäre Spirale von der primären entfernt, um so geringer wird natürlich die Inductionswirkung. Mit diesem Schlitten versehen wird das Instrument als Schlitteninductorium von du Bois Reymond bezeichnet. Da der Schlitten sehr lang sein muss um bei starken primären Strömen und zahlreichen Windungen auf der secundären Spirale durch blosses Entfernen der letzteren die Inductionsströme in ihr so weit abzuschwächen, dass ihre Wirkung nur eben noch an empfindlichen Präparaten merklich ist, so hat Bowditch dem Schlitten noch eine andere Einrichtung hinzugefügt. Wenn die secundäre Spirale ganz von der primären abgezogen ist, so steht sie auf einer Drehscheibe, auf der sie bis zu 90^0 um ihre Längsaxe gedreht werden kann. In den Ausdruck für die Inductionswirkung geht nämlich als Factor ein der Cosinus des Winkels, den primäre und secundäre Windungen mit einander machen. Sind sie einander parallel, so ist dieser

or = 1, machen sie einen Winkel mit einander, so ist er ein echter
h und ist dieser Winkel ein rechter, so ist der Factor = 0, d. h.
Inductionswirkung ist bis auf Null abgeschwächt. Die Kette besteht
inem mässig grossen Elemente, wozu man ein constantes Element
t oder ein anderes hinreichend starkes, nach der gangbaren Be-
.nung nicht constantes, ein Element nach Smee, wie es in den
graphenstationen gebraucht wird. Die primäre Spirale ist nach unseren
er entwickelten Grundsätzen wiederum aus verhältnissmässig dickem
.te gewunden, und geht zugleich über die beiden säulenförmigen
nkel eines Hufeisens von weichem Eisen. Dies dient dazu, dieses
isen von weichem Eisen zu magnetisiren. Der Strom ist geschlossen,
.nge ein federndes Metallstück Fig. 77 *e a b* an der Schraube *c* an-
Die Säule *d d* ist die Seitenansicht des temporären Hufeisenmagneten.
n er magnetisch wird, zieht er das
ıstück *a e*, welches sich am Ende von
befindet, an und hebt dadurch den
act mit der Schraube *c* auf. Dadurch
der Strom hier geöffnet, es entsteht
ıtrom in der secundären Spirale der
ursprünglichen Strome gleich ge-
et ist. Da nun aber der Strom in
primären Spirale aufhört, so verliert
Hufeisen seinen Magnetismus, der
ıannte Hammer *b a e* (Wagner's Ham-
geht vermöge der Elasticität seines
es, der bei *b* durch die Schraube *r*
oder weniger fest eingeklemmt
en kann, wieder in seine frühere Lage zurück, der primäre Strom
wieder geschlossen, und es wird wieder ein Inductionsstrom erzeugt,
jetzt in entgegengesetzter Richtung. Zugleich wird das Hufeisen
er magnetisch, es zieht den Hammer wieder an, der Strom wird
er geöffnet u. s. w.

Fig. 77.



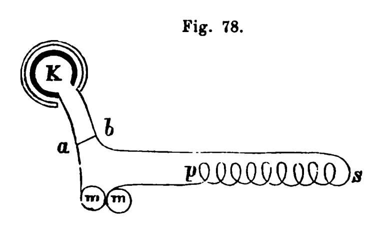
Es entstehen also fortwährend Inductionsströme, welche entgegen-
zt gerichtet sind. Diese Inductionsströme sind aber von sehr un-
her Dauer und sehr ungleicher Stärke, indem derjenige Inductions-
n, welcher beim Schliessen des primären Stromes entsteht, immer
er dauernd, aber schwächer ist, während der Oeffnungsinductions-
ı immer viel kürzer dauernd, aber stärker ist. Das beruht darauf,
beim Schliessen des Stromes die Windungen der primären Spirale
einander inducirend wirken: jede einzelne Windung inducirt in der
chbarten einen Strom, der ihrem eigenen primären Strome entgegen-
zt ist. Diese Inductionswirkungen hindern also die Entwickelung
primären Stromes, halten sie auf. Deshalb steigt der primäre Strom
plötzlich, sondern allmälig zu seiner ganzen Stärke an: der Induc-
strom dauert länger und ist schwächer, als er bei plötzlichem
eigen sein würde. Wenn aber der primäre Strom geöffnet wird,
eht kein Inductionsstrom in der primären Spirale, weil dann der
äre Stromkreis offen ist, und kein Strom in einem offenen Kreise
ehen kann. Dann fällt also der primäre Strom plötzlich von seiner
en Höhe bis auf Null, und es entsteht ein momentaner sehr starker

Inductionsstrom, ein sogenannter Inductionsschlag im eigentlichen Sinne des Wortes.

Da es nun bei physiologischen Versuchen nicht angenehm ist, zweierlei sehr verschieden starke Ströme unmittelbar nach einander zu haben, hat Helmholtz eine Vorrichtung angegeben, vermöge welcher der Oeffnungs- und Schliessungsinductionsstrom einander ähnlicher gemacht werden. Sie beruht auf folgendem. Fig. 78 stelle die Kette *(K)* sammt der primären Spirale *p s* und dem temporären Magneten *m m* schematisch dar. Bei der gewöhnlichen Einrichtung des Electromotors wird, wie wir gesehen haben, die Demagnetisirung dadurch hervorgebracht, dass der Stromkreis an einer bestimmten Stelle geöffnet wird: sie kann aber auch dadurch hervorgerufen werden, dass sich ein Contact herstellt, der eine Nebenschliessung *a b* zu Stande bringt, welche den Strom von der ganzen primären Spirale ableitet, aber dieselbe dabei als geschlossenen Kreis bestehen lässt.

Eine solche Nebenschliessung wird durch die Säule Fig. 77 *g h* erzeugt. Man macht durch eine veränderte Drahtverbindung das Geschlossensein des Stromes unabhängig von dem Contact mit der Schraube *c* und schraubt diese so weit in die Höhe, dass der Hammer sie nicht mehr erreicht, dann schraubt man die Schraube *h* so weit in die Höhe, dass die Spitze, wenn der Hammer vom Magnete angezogen wird, die untere Fläche des Hammerstiels, an der für den Contact ein Platinplättchen angebracht ist, eben berührt. Dann geht vom Augenblicke der Berührung an kein merklicher Stromantheil mehr durch die Spirale, aber sie bildet nach wie vor ein Stück eines geschlossenen Kreises.

Fig. 78.



Die Grösse der Wirkungen des Apparates leidet unter dieser Anordnung, denn gerade die Oeffnungsinductionsschläge sind es, welche sehr kräftige Wirkungen ausüben; aber er wird für viele physiologische Zwecke brauchbarer, weil eben Oeffnungs- und Schliessungsstrom einander nicht mehr so unähnlich sind. Völlig gleich sind sie einander nicht. Der Schliessungsinductionsstrom ist jetzt der stärkere. Dies muss man erwarten, da sich nach der Herstellung der Nebenschliessung *a b* der in der primären Spirale *p s* erzeugte Inductionsstrom unter geringerem Widerstande abgleicht, als bei Aufhebung dieser Nebenschliessung. Im letzteren Falle muss er durch die Kette *K* gehen. Dieser Unterschied muss sich um so mehr fühlbar machen, je schwächer der Kettenstrom ist, denn um so schwächer ist dann auch der in der primären Spirale erzeugte Inductionsstrom. Will man also mit schwachen und einander möglichst ähnlichen Inductionsschlägen aus der secundären Spirale arbeiten, so muss man nicht den primären Strom schwächen, sondern die Inductionsschläge unter Anwendung der Vorrichtung von Helmholtz dadurch schwächen, dass man die secundäre Spirale von der primären entfernt. Handelt es sich um Verstärkung des primären Stromes, so muss man diese, wenn Schliessungs- und Oeffnungsschlag einander möglichst gleich sein sollen, nicht zu erzielen suchen durch eine mehr-

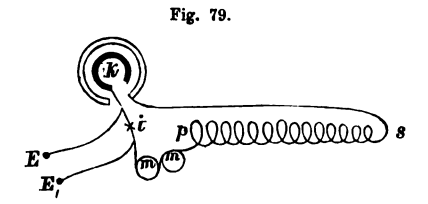
elementige Kette, sondern durch ein Element von grosser electromotorischer Kraft und möglichst geringem Widerstande.

Für grössere Electromotoren ist der Hammer etwas modificirt worden. Statt der ursprünglichen Feder, der Schiene aus Messing oder Neusilber, wendet man einen doppelarmigen Hebel an, dessen langer Arm den Hammer trägt, während der kurze durch eine Spiralfeder, die durch eine Schraube stärker und schwächer angespannt werden kann, nach abwärts gezogen wird. Auf dem langen Hebelarm zwischen ihm und der Schraube *c* liegt einseitig befestigt und das Platinplättchen für den Contact tragend, eine dünne federnde Metalllamelle, die, wenn der Hammer vom Magneten angezogen wird, den Contact noch kurze Zeit fortbestehen lässt, damit der Magnetismus des temporären Magneten noch fortwirke. Die Höhe, bis zu welcher sich die Lamelle vom Hebelarm abheben kann, und die davon abhängige Verlängerung des Contacts wird mittelst einer kleinen Schraube regulirt.

Der Extrastrom.

An dem Magnetelectromotor kann man ausser dem Inductionsstrome der secundären Spirale auch noch einen Inductionsstrom der primären Spirale anwenden, den Inductionsstrom, welchen Faraday mit dem Namen des Extrastromes belegt hat.

Fig. 79.



Denken Sie sich, *K* sei die Kette, *p s* die primäre Spirale, *m m* der temporäre Magnet und *i* der Punkt, an dem der Stromkreis durch das Spiel des Hammers geöffnet und geschlossen wird. *E* und $E_,$ seien zwei Zweigdrähte, zwischen denen ich mit meinem Körper, beziehungsweise mit dem Muskel, oder dem Nerv, den ich erregen will, schliesse. Wenn der Hammer den Stromkreis bei *i* öffnet, wird er zwar immer noch geschlossen bleiben, denn er ist ja noch geschlossen durch die Verbindung von *E* nach $E_,$, da er aber hier durch einen Halbleiter hindurchgehen muss, so fällt im Augenblicke der Unterbrechung bei *i* der Strom wegen Vermehrung des Leitungswiderstandes jählings ab. Die Folge davon ist ein kurzdauernder, mit dem primären Strome gleich gerichteter Inductionsstrom, der den noch geschlossenen Kreis, also auch die Strecke $E E_,$ durchfliesst. Dieser Strom ist Faraday's Extrastrom, der von den Electrotherapeuten in gewissen Fällen mit Vorliebe angewendet wird, weshalb an den grossen Inductionsapparaten für therapeutische Zwecke immer die Einrichtung getroffen ist, dass man nach Belieben die Inductionsströme aus der secundären Spirale, oder den Oeffnungs- oder hier Schwächungs-Inductionsstrom aus der primären Spirale, den Extrastrom, ableiten und benutzen kann. Man kann den Apparat auch so einrichten, dass der Extrastrom ein wirklicher Oeffnungs-Inductionsstrom ist. Das würde der Fall sein, wenn der Zweigdraht *E* sich nicht von der Strecke *i K*, sondern irgendwo von der Strecke *s K* abzweigte. Dann würde, wenn bei *i* geöffnet wird, der primäre Stromkreis völlig unterbrochen werden,

und der dadurch entstehende Oeffnungs-Inductionsstrom in der Spirale würde sich durch den Körper, der mit E und E_1 leitend verbunden ist, abgleichen. Diese letztere Einrichtung ist es, welche man bei den gangbaren Magnetelectromotoren gewöhnlich vorfindet.

Geringe Empfindlichkeit der entnervten Muskeln gegen Inductionsströme.

Es muss hier bemerkt werden, dass man mit den Inductionsströmen immer zunächst durch die Nerven auf die Muskeln wirkt, weshalb auch die Electrotherapeuten, wenn sie mit Inductionsströmen arbeiten, die sogenannten Nervenpunkte aufsuchen, das heisst die Eintrittsstellen der Nerven in die Muskeln, die Stellen also, wo sie möglichst intensive Ströme durch eine möglichst grosse Summe von Nerven durchleiten. Wenn die Muskeln ihrer Nerven beraubt sind, dann sind Inductionsströme für sie im Allgemeinen wenig wirksam. Es wurde diese Unterempfindlichkeit für Inductionsströme zuerst beobachtet von Beierlacher bei einer Facialislähmung. Bekanntlich degeneriren die Nerven, wenn sie durchschnitten oder gequetscht oder stark comprimirt sind, in ihren peripherischen Enden am Ende der ersten oder am Anfange der zweiten Woche nach dem Insult. Ein solcher Fall von Degeneration war es, wie sich später herausgestellt hat, welchen Beierlacher untersuchte. Es waren die motorischen Nerven der einen Gesichtshälfte degenerirt, sie waren nicht mehr erregbar, und hieraus erklärt es sich, dass Beierlacher mit Inductionsströmen, mit welchen er auf der andern Seite heftige Zuckungen hervorbrachte, auf der gelähmten Seite nichts ausrichtete, dass er aber noch Contractionen in den Muskeln bekam, wenn er einen constanten Strom schloss und öffnete, ja dass gegen einen constanten Strom sogar die Muskeln der gelähmten Seite empfindlicher waren als die Muskeln der gesunden Seite, und dass sich auch gegen mechanische Reize, gegen Darüberstreichen, Drücken u. s. w., die Muskeln der gelähmten Seite empfindlicher zeigten, als die der gesunden. Einen ganz ähnlichen Fall hat später Dr. Benedikt Schulz in Wien beobachtet und beschrieben, und später ist noch eine grosse Reihe solcher Fälle beobachtet worden, alle diejenigen, bei welchen die Nervenleitung wirklich vollständig aufgehoben war, und welche hinreichend lange gedauert hatten, damit die Nerven in den Muskeln ihre Reizbarkeit durch Degeneration vollständig einbüsten.

Es hat sich nun durch weitere Untersuchungen herausgestellt, dass die Unwirksamkeit der Inductionsströme auf die nervenlosen Muskeln auf ihrer kurzen Dauer beruht. Die Muskelsubstanz als solche ist gegen sehr kurz dauernde Ströme wenig empfindlich, dagegen sehr gut empfindlich gegen etwas länger dauernde Ströme. Man kann leicht nachweisen, dass es nicht eine besondere geheimnissvolle Eigenschaft der Inductionsströme ist, sondern eben ihre kurze Dauer, worauf ihre relative Wirkungslosigkeit beruht. Wenn man einem Frosche um den Oberschenkel eine sogenannte Massenligatur anlegt, das heisst, wenn man ihm durch ein plattes Band den Oberschenkel zusammenschnürt, so dass die Blutgefässe comprimirt werden, und man ihn dann mit Curare vergiftet, so wird der ganze Frosch gelähmt, bis auf das eine Bein,

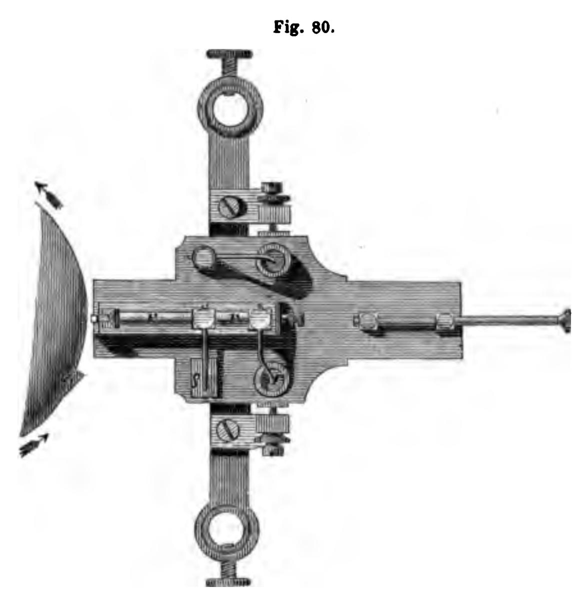
zu dem das Gift nicht hinkommt. Die Lähmung betrifft, wie man aus anderweitigen Versuchen weiss, speciell die motorischen Nerven und in erster Reihe die der willkürlichen Muskeln. Wenn man die beiden Beine in Bezug auf ihre Reizbarkeit untersucht, so findet man, dass sie gleich gut empfindlich sind gegen das Schliessen und Oeffnen eines constanten Stromes, dass aber das nicht vergiftete Bein viel empfindlicher ist gegen Inductionsströme als das vergiftete. Wenn man aber in dem constanten Strome ein Blitzrad einschaltet und es schnell dreht, so zeigt sich der vergiftete Schenkel auch unterempfindlich im Vergleich zu dem andern, weil man jetzt mittelst des Blitzrades ähnlich kurz dauernde Ströme hervorgebracht hat, wie die Inductionsströme sind. Andererseits kann man zeigen, dass die Inductionsströme wirksam sind, wenn sie nur lange genug dauern. Zu dem Ende schaltet man die Schenkel zwischen Electroden ein, die mit den Enden der secundären Spirale eines Magnetelectromotors zusammenhängen, und schiebt einen Spahn oder ein zusammengelegtes Papier unter den Hammer (Fig. 77 *ea*) um seinen Stiel dauernd an die Schraube *c* (Fig. 77) anzudrücken und so die Eröffnung des primären Kreises zu hindern. Dann sendet man durch diesen einen constanten Strom, zieht die secundäre Spirale auf dem Schlitten von du Bois von der primären herunter und schiebt sie mit einiger Geschwindigkeit wieder hinauf. Dabei entsteht ein Inductionsstrom, der verhältnissmässig nicht stark ist, der aber eine ziemliche Dauer hat, so lange dauert, als die Bewegung der secundären Spirale, und für diesen Inductionsstrom zeigt sich nun der vergiftete Schenkel so empfindlich wie der unvergiftete.

Die Erforschung des Verhaltens gelähmter Muskeln gegen Inductionsströme und gegen den constanten Strom, beziehungsweise gegen das Schliessen und Oeffnen desselben, ist von wesentlicher diagnostischer und prognostischer Bedeutung. Reagiren die Muskeln schwer oder anscheinend gar nicht auf Inductionsströme, aber auf das Schliessen oder Oeffnen einer Kette leichter oder doch ebenso leicht, wie die der gesunden Seite, so weiss man, dass die Nerven degenerirt, aber die Muskeln wohl erhalten sind. Hieraus geht ferner hervor, dass die Störung der Leitung eine peripherische ist, d. h. dass sie nicht jenseits der grossen Ganglienzellen liegt, aus denen, wie wir später sehen werden, die motorischen Nerven zunächst entspringen, und die ihnen als trophische Centren dienen. Reagiren die Muskeln noch am zehnten Tage und später nach erfolgter vollständiger Lähmung auf Inductionsströme eben so gut, wie die der gesunden Seite, so liegt die Störung jenseits dieser Zellen, sie ist, wie wir uns ausdrücken, eine centrale. Bei vollständigen peripheren Lähmungen wird der Unterschied meistens schon in der ersten Woche merklich. Nur in den Fällen, in denen die Muskeln sowohl auf Inductionsströme als auch auf Kettenströme schwer oder gar nicht reagiren, erfährt man auch während des weiteren Verlaufes der Lähmung aus dieser Untersuchung nichts über den Sitz der Krankheit; man weiss dann nur, dass die Muskeln bereits so weit in ihrer Textur verändert sind, dass sie sich nicht mehr in normaler Weise zusammenziehen.

Das Myographion und der zeitliche Verlauf der Muskelcontraction.

Nachdem wir die Reize kennen gelernt haben, deren wir uns bedienen, um die Muskeln in Zusammenziehung zu versetzen, wollen wir den Verlauf der Muskelcontraction kennen lernen. Derselbe ist zuerst mittelst eines Instrumentes untersucht worden, welches man Myographion nennt. Sie sehen es hier in seiner ursprünglichen Construction, welche ihm Helmholtz gegeben hat. Es ist so gezeichnet, als ob durch einen durch die Mitte gehenden, aber die Zahnräder und deren Axen intact lassenden Schnitt der innere Mechanismus blossgelegt wäre. Fig. 81 zeigt in *AA* einen Glascylinder, der glatt abgeschliffen ist; er ist drehbar mit seiner Axe, und diese wird bewegt durch ein Uhrwerk, von welchem Sie hier nur einen Theil in *cde* abgebildet sehen. Der Gang der Axe wird regulirt durch eine sehr schwere Bleischeibe *KK*, welche denselben Dienst leistet, welchen bei den Dampfmaschinen das Schwungrad mitleistet, den Dienst, das Trägheitsmoment zu vergrössern und dadurch die kleinen Ungleichheiten des Ganges auszugleichen. Ausserdem befinden sich daran zwei Schirme *mm*, welche in einer Rinne mit Oel gehen und drehbar sind, so dass sie, je nachdem man sie radial oder tangential einstellt, einen grösseren oder geringeren Widerstand in dem Oele finden. Der Glascylinder wird berusst, denn er soll dazu dienen, dass in ähnlicher Weise, wie auf einer Kymographiontrommel, auf ihm eine Curve aufgeschrieben wird. Der Schreibapparat ist durch den Haken *l* in Verbindung gesetzt mit einem lebenden Muskel. Man wählt gewöhnlich den Gastrocnemius des Frosches. Indem er sich contrahirt, hebt er den Schreibstift *(n)*, und es werden dadurch die Hubhöhen in bestimmtem Maasse vergrössert als Ordinaten aufgetragen.

Fig. 80.



Der Schreibapparat besteht in einem Stahlstift *(n)*, der an einer Messingstange *(rx)* befestigt ist, welche ihrerseits wiederum von einem Gitter *(rq)* herabhängt, welches in zwei Stahlspitzen drehbar ist, so dass der Schreibstift nach aufwärts und nach abwärts geht, ohne irgendwelche seitliche Schwankungen zu machen. Dieses Gitter ist in Fig. 81 *rq* im

abgebildet und zugleich die Art und Weise, wie es mit dem
ı *l*, an dem der Muskel wirkt, verbunden ist. Fig. 82 zeigt die

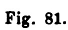


Fig. 81.

Fig. 82.

ht des Gitters von oben. Von dem Schreibstift geht nach rückwärts
'aden, welcher hier um einen Cylinder *o* läuft und unten um einen

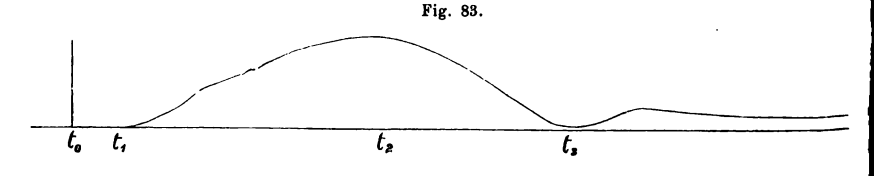
Stab $\alpha\gamma$ gewunden ist, durch dessen Drehung er so weit angezogen wird, dass der Schreibstift den Glascylinder eben berührt. Die Kraft, mit der er an letzteren angedrückt wird, kann ausserdem regulirt werden durch das Laufgewicht g, welches auf dem horizontalen Arm ig verschoben werden kann, der seinerseits wieder auf rx verschiebbar ist.

Der Nerv des zu benutzenden Muskels wird an zwei Electroden gelegt, welche die Enden einer Inductionsspirale sind. Durch einen Oeffnungsinductionsschlag aus dieser Spirale soll der Nerv und durch ihn der Muskel gereizt werden. Der primäre Kreis muss also im Beginne des Versuches geschlossen sein und sich öffnen in dem Augenblicke, in dem der Reiz erfolgen soll. Die Unterbrechung erfolgt im betreffenden Momente dadurch, dass durch Umlegen des Hebels $\delta\lambda$ (Fig. 81) und der Axe vv (Fig. 80 und Fig. 81) der Contact mit der Platinplatte ρ (Fig. 80) aufgehoben wird. Ehe nun der eigentliche Versuch beginnt, und ehe man das Uhrwerk in Gang setzt, dreht man den berussten Glascylinder AA einmal langsam herum, indem man die Bleischeibe KK (Fig. 81) mit der Hand bewegt. Hierbei fasst der Daumen Z (Fig. 80) einer mit der Bleischeibe verbundenen Messingplatte den Hebel $\delta\lambda$ (Fig. 81), legt ihn um und unterbricht den Strom. Hierauf zuckt der Muskel und der Schreibstift zeichnet eine Senkrechte zu der Horizontalen, die er in Folge des Umdrehens gezeichnet hat. Diese Senkrechte ist die Ordinatenaxe und bezeichnet den Moment, in welchem der Reiz erfolgt.

Wenn nun experimentirt werden soll, so wird das Brett $\pi\nu$ bei ν mit dem Finger heruntergedrückt. Dadurch wird der Faden so viel angezogen, dass der Schreibstift von dem Glase abgehoben wird. Jetzt wird der Hebel wieder aufgerichtet, um den primären Kreis wieder zu schliessen und das Uhrwerk wird in Gang gesetzt. Nachdem dasselbe constante Geschwindigkeit erlangt hat, nimmt man den bei ν drückenden Finger weg, das Brett hebt sich in Folge der Wirkung der Feder, der Stift tritt an den Cylinder heran und schreibt.

Mit dem Herabdrücken des Brettes war auch der Hebel $\delta\lambda$ aus dem Bereich des Daumens Z, Fig. 80, gezogen; jetzt aber, so wie der Stift an das Glas heranreicht, gelangt nun auch der Hebel $\delta\lambda$ wieder in den

Fig. 83.



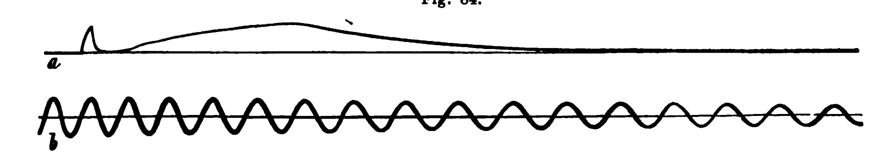
Bereich des Daumens Z, und wenn jetzt die Scheibe sich so weit herumgedreht hat, dass letzterer den Hebel berührt, schlägt er ihn zur Seite und öffnet dadurch den primären Strom. Der Reiz erfolgt, der Muskel zieht sich zusammen und zeichnet jetzt bei der schnellen Umdrehung des Cylinders nicht eine Senkrechte, sondern eine Curve von der Gestalt Fig. 83. Wenn zu der in der beschriebenen Weise markirten Zeit t_0 der Reiz erfolgt ist, so erfolgt, wie die Fig. 83 zeigt, nicht in demselben Moment die Zusammenziehung, sondern es ist ein Stadium der latenten Reizung vorhanden, das heisst ein Stadium, während dessen an dem

Muskel äusserlich noch nichts vorgeht, wo er sich noch nicht aus seiner früheren Gleichgewichtsfigur herausrührt. Es dauert nach unserer Fig. 83 bis zur Zeit t_1. Dann zieht er sich allmälig zu seinem Maximum zusammen, das er zur Zeit t_2 erreicht, erschlafft allmälig und kommt nach einer durch den Fall der Belastung bedingten Verlängerung (t_3) nahezu wieder auf seine ursprüngliche Gleichgewichtsfigur zurück.

Die blitzartige Zuckung, welche eintritt, wenn wir den Nerven eines Muskels reizen, geht in der That nur für unser Auge in einem unmessbar kleinen Zeittheilchen vor sich; wenn man feiner messende Instrumente anwendet, kann man diese Zeit zerlegen in ein Stadium der latenten Reizung, in ein Stadium der anwachsenden Contraction und in ein Stadium der Erschlaffung.

Seit jenen ersten Versuchen von Helmholtz sind zahlreiche andere Myographien construirt worden. Die wesentlichen Neuerungen beziehen sich auf zwei Punkte. Erstens hat man an die Stelle des beschwerten Schreibhebels eine Schiene gesetzt, welche der sich contrahirende Muskel bog. Man wählte dazu theils Metall, theils Glas, theils Fischbein, letzteres wegen seines geringeren Trägheitsmoments und seiner geringeren Nachschwingungen. Eine solche federnde Schiene hat den Vortheil, dass sie die erzeugten lebendigen Kräfte sofort in Spannkräfte umsetzt. Beim beschwerten Hebel geschieht dies nicht, er erlangt eine grössere oder geringere Wurfgeschwindigkeit. Die gezeichnete Curve gibt also ein sehr unwahres Bild von den Veränderungen der Spannung, welche der Muskel nach einander erreicht, ein Bild, das erst durch Rechnung auf das Wahre reducirt werden muss, wie es auch Helmholtz gethan hat. Für die directe Herstellung eines wahren Bildes ist die

Fig. 84.



federnde Schiene vorzuziehen. Beistehender Holzschnitt Fig. 84 *a* zeigt eine Zuckungscurve, welche vom Gastrocnemius eines Frosches mittelst einer Fischbeinschiene gezeichnet ist. Die dornartige Spitze, welche vor ihrem Anfange steht, ist das sogenannte Reizzeichen. Sie rührt von einer Muskelzuckung her, die man bei sehr langsam bewegter Schreibfläche schreiben liess, um näherungsweise den Zeitpunkt zu fixiren, in welchem der erregende Stromstoss durch den Nerven ging. Ihr Anfang entspricht also nahezu der Zeit t_0 in Fig. 83.

Bei Anwendung einer solchen Schiene zeigt es sich nun, dass die Zeit, in der das Maximum der Verkürzung erreicht wird innerhalb enger Grenzen, beim nicht ermüdeten Gastrocnemius des Frosches im Sommer etwa 0,06 und 0,07 Secunden schwankt, gleich viel ob ein starker oder ob ein schwacher Reiz stattgefunden hat, ob also die Verkürzung gross oder gering ist. Hieraus ergiebt sich, dass die Geschwindigkeit, mit der sich die Bewegung vollzieht, in letzterem Falle geringer ist und durch weitere Abschwächung des Reizes weiter herabgesetzt

werden kann. Es wird uns dies später bei der Beurtheilung der willkürlichen Bewegungen von Wichtigkeit sein. Man muss übrigens solche Versuche an ein und demselben Muskel und kurz nach einander anstellen; denn die gesuchte Zeit ist in hohem Grade abhängig von anderen Umständen, von Temperaturänderung, von Ermüdung und vom Absterben. Muskeln verschiedener Thiere verhalten sich sehr verschieden und auch verschiedene Muskeln eines und desselben Thieres. Wo rothe und weisse Muskeln neben einander vorkommen, wird, so weit die Erfahrungen bis jetzt reichen, das Maximum von den weissen Muskeln in der Regel schneller erreicht und schneller passirt als von den rothen.

Die zweite Neuerung besteht darin, dass man die Zeiten nach den Schwingungen von Stimmgabeln oder einfachen Stahlschienen bestimmt, um sich nicht mehr auf den gleichmässigen Gang des Uhrwerkes verlassen zu müssen, eventuell um dasselbe ganz beseitigen zu können. Fig. 84 *b* zeigt die von einer Stahlschiene während des Entstehens der Zuckungscurve Fig. 84 *a* geschriebene Wellenlinie. Die Abscissenaxe dazu wurde vorher geschrieben dadurch, dass die Schreibfläche bei ruhender Stahlschiene bewegt wurde.

Die Leistungen des sich contrahirenden Muskels.

Zunächst ist zu bestimmen die Grösse des Gewichtes, welches ein Muskel noch eben von seiner Unterlage zu heben im Stande ist. Eduard Weber, dessen Untersuchungen wir hier folgen, hat dazu den Musculus hyoglossus des Frosches angewendet. Er bietet den wesentlichen Vortheil, dass er sehr einfach gebaut, dass er der Länge nach gefasert ist. Man kann ihn leicht an einem Haken aufhängen, indem man denselben durch die Stimmritze steckt, mit welcher das Zungenbein, von dem der Muskel entspringt, verbunden ist. An dem andern Ende des Muskels hängt die Zunge. Durch diese steckt man wiederum einen Haken, und an diesem hängt man ein leichtes Schälchen auf. Von diesem Haken geht ein Draht zu einem Quecksilbernapf und man kann nun die Schläge eines Inductionsapparates durch den Muskel leiten, indem man die zuleitenden Drähte einerseits verbindet mit dem Haken, an dem der Muskel aufgehängt worden ist, andererseits mit dem Quecksilbernapf, in welchem der von dem unteren Haken abgehende Draht eintaucht. Es werden nun auf das Schälchen so lange Gewichte gelegt, als der Muskel bei seiner Reizung das Schälchen noch von der darunter befindlichen Unterlage abhebt. Wenn dies nicht mehr geschieht, zählt man die Gewichte aus, welche er eben gehoben hat, addirt sie zum Gewichte des Hakens und der Schale, und dieses Gesammtgewicht, welches er eben noch von der Unterlage zu heben im Stande war, bezeichnet man als das Maass für die absolute Kraft des Muskels.

Es ist nun klar, dass, wenn sich neben einem solchen gerade gefaserten Muskel ein anderer eben solcher befunden hätte, dieser das gleiche Gewicht gehoben haben würde, also beide Muskeln zusammen das doppelte. Es ist auch klar, dass, wenn wir beide Muskeln quer durchschnitten hätten, der Querschnitt der beiden Muskeln doppelt so gross gewesen wäre, als der Querschnitt des einen Muskels. Es hängt also die absolute

Kraft eines Muskels, das heisst das Gewicht, welches er zu heben im Stande ist, von seinem Querschnitte ab. Aber es muss hier etwas hinzugefügt werden, es muss ein Querschnitt sein, der erzielt ist, indem man senkrecht auf sämmtliche sich contrahirende Fasern durchgeschnitten hat. Man nennt diesen Querschnitt den physiologischen Querschnitt. Er fällt mit dem sogenannten anatomischen Querschnitt nur dann zusammen, wenn der Muskel einfach längs gefasert ist: wenn dagegen der Muskel ein gefiederter oder ein doppeltgefiederter ist, so kann der physiologische Querschnitt nicht ohne Weiteres gefunden werden, weil er eine Oberfläche ist, welche man sich senkrecht durch sämmtliche Fasern gelegt denkt. Wenn jedoch diese Fasern genau oder doch näherungsweise gleich lang sind, dann lässt sich der physiologische Querschnitt auf verhältnissmässig einfache Weise finden. Man bestimmt das absolute Gewicht des Muskels in Grammen und dividirt es durch das specifische Gewicht, dann hat man das Volum des Muskels in Kubikcentimetern, und wenn man dieses Volum durch die Faserlänge dividirt, so hat man den physiologischen Querschnitt, mit anderen Worten, man hat die Grundfläche eines Prismas von dem ermittelten Volum und von einer Höhe, welche gleich ist der Faserlänge.

Es kommt aber nicht allein darauf an, ein wie grosses Gewicht der Muskel hebt, es kommt auch darauf an, zu wissen, wie hoch er ein Gewicht heben kann. Früher haben wir ihn so lange belastet, bis er die Schale mit dem Gewichte nur eben noch von der Unterlage abhob: wenn wir ihn aber mit einem sehr geringen Gewichte belasten, so zieht er sich noch nahezu oder ganz so weit zusammen, wie wenn er unbelastet zur Contraction gereizt würde. Um wie viel kann sich nun ein Muskel zusammenziehen? Die alten Anatomen und Physiologen rechneten im Mittel, dass sich ein Muskel um ein Drittel seiner Länge verkürzen könne. Sie hatten hiebei viel zu kurz gerechnet, begreiflicher Weise deshalb, weil sie als Paradigmata hiefür gefiederte und doppeltgefiederte Muskeln genommen hatten, bei denen die Länge der einzelnen Fasern weit hinter der anatomischen Länge des ganzen Muskels zurückbleibt. Machen wir einmal den Versuch mit dem Hyoglossus des Frosches, indem wir durch das untere Ende desselben einen Coconfaden hindurchziehen, ihn horizontal über zwei entfernte Stützen leiten, und hinter ihm eine Theilung aufstellen, so dass wir bei der Verkürzung des Muskels sehen, um wie viel er in die Höhe gehoben wird; so finden wir nach dem Vorgange von Eduard Weber, dass sich der M. hyoglossus um $\frac{5}{6}$ seiner Länge zusammenzieht, so dass nur $\frac{1}{6}$ von der Länge, die der erschlaffte Muskel zeigt, übrig bleibt. Der M. hyoglossus befindet sich hinsichtlich seiner Verkürzung in besonders günstigen Umständen, denn erstens ist er einfach der Länge nach gefasert, zweitens ist er in lockeres Bindegewebe gehüllt, welches ihm bei der Contraction keinerlei Hinderniss entgegensetzt. Ein leichtes Gewicht wird also von ihm um $\frac{5}{6}$ seiner Länge gehoben. Wenn ich mir an diesen Hyoglossus einen andern angehängt denke, und dieser zöge sich gleichzeitig auch zusammen, so würde natürlich dasselbe Gewicht um das Doppelte gehoben werden. Also die Hubhöhe, die Höhe, bis zu welcher ein Muskel ein geringes Gewicht heben kann, hängt ab von der Länge der Fasern, von der physiologischen Länge des Muskels.

Die Arbeit, welche ein Muskel durch eine Contraction zu leisten vermag, ist ausgedrückt durch *mgh*, worin *m* die Masse bedeutet, *g* die Erdschwere, also *mg* das Gewicht des gehobenen Körpers auf der Erde, und *h* die Höhe, zu welcher es gehoben wird. Hängen wir ein sehr geringes Gewicht an den Muskel an, so wird zwar *h* ein Maximum, aber dafür ist *mg* jetzt sehr klein; wir haben also doch nur ein kleines Product. Hängen wir das grösste Gewicht an, welches der Muskel eben zu heben im Stande ist, so hebt es der Muskel eben nur von der Unterlage ab; es ist also *h* sehr klein. Zwischen diesen beiden Bedingungen muss es irgend eine andere geben, durch welche der Muskel das Maximum der Arbeit leistet, welche er durch eine Contraction zu leisten im Stande ist. Diese Bedingung hat Ed. Weber ermittelt indem er nach einander verschiedene Gewichte auflegte, bei jedem die Hubhöhe und das Gesammtgewicht notirte, und nun sah, bei welcher Belastung er das grösste Product erhielt. Bei seinen Versuchen ergab sich als die absolute Kraft des Hyoglossus des Frosches 0,692 Kilogramm auf den Quadratcentimeter Querschnitt. Rosenthal hat später eine bedeutend grössere Zahl, 1 Kilogramm und darüber, erhalten. Der grösste Nutzeffect wurde von Ed. Weber erhalten, wenn er den Quadratcentimeter Querschnitt nur mit 450 Gramm belastete, dann hob der Muskel das 93fache seines Gewichtes 15 Millimeter hoch.

Wir haben gesehen, dass die absolute Kraft abhängt von dem physiologischen Querschnitte und die Hubhöhe von der Faserlänge. Das gehobene Gewicht multiplicirt mit der Hubhöhe entspricht der Arbeit, welche der Muskel leistet bei einer Contraction: diese ist also *mgh*. *mg* ist abhängig vom physiologischen Querschnitte, *h* von der Faserlänge; es muss also das ganze Product abhängig sein von einem Producte, welches ich erhalte, wenn ich die Länge der Fasern mit dem physiologischen Querschnitte multiplicire. Dann erhalte ich aber nichts Anderes, als das Volum der sich contrahirenden Muskelmasse; mit anderen Worten die Arbeit, welche ein Muskel leistet, ist seinem Volum, seiner Grösse, proportional. Je nach der Art der Leistung aber, welche von dem Muskel verlangt wird, ist er verschieden gebaut. Wenn seine Hubhöhe eine bedeutende sein soll, so liegen die Fasern einfach geradlinig neben einander, wenn dagegen eine bedeutende Last nur um ein Geringes bewegt werden soll, so hebt an ihr ein Muskel, der gefiedert oder doppelt gefiedert ist, d. h. ein Muskel, welcher eine grosse Anzahl von relativ kurzen Fasern hat. Das finden wir im ganzen Körper bewahrheitet. Wenn wir z. B. die Augenmuskeln ansehen, welche den nach allen Seiten hin äquilibrirten Bulbus innerhalb bedeutender Amplituden bewegen sollen, so finden wir, dass in denselben die Fasern einfach neben einander liegen, wie im Hyoglossus des Frosches, wenn wir aber damit den M. gastrocnemius vergleichen, so finden wir, dass derselbe eine innere Sehne hat, dass er auch eine äussere Sehne hat, und dass die Muskelfasern schräg gestellt, viel kürzer sind, als das Aeussere des Muskels auf den ersten Anblick glauben lässt, dass sie dafür aber in viel grösserer Anzahl verhanden sind, so dass der physiologische Querschnitt des Gastrocnemius viel grösser ist, als der anatomische Querschnitt desselben. Der Gastrocnemius soll den ganzen Körper an einem verhältnissmässig kurzen Hebel, an dem Hebel, welchen ihm das Fersenbein liefert, oftmals hinter einander heben können.

Mit dieser Betrachtung fällt auch alles das zusammen, was man sonst über die ungünstigen Hebelverhältnisse am menschlichen Körper gesagt hat. Man hat sich immer gefragt: Warum arbeiten denn die Muskeln, sie mögen die Knochen bewegen wie einen einarmigen oder wie einen doppeltarmigen Hebel, immer an verhältnissmässig kurzen Hebelarmen, während die Last an dem langen Hebelarme aufgehängt ist; der Mensch würde ja viel stärker sein, wenn seine Muskeln an dem langen Hebelarme wirkten und die Last an dem kurzen u. s. w. Man hat aber hiebei nicht bedacht, dass das, was an Kraft gewonnen würde, an Geschwindigkeit wieder verloren ginge, und andererseits haben erst die Untersuchungen von Ed. Weber gezeigt, dass diese anscheinend ungünstigen Hebelverhältnisse wiederum compensirt sind in den Muskeln.

Ed. Weber hat nun auch die Leistung der Muskeln innerhalb des menschlichen Körpers, namentlich die absolute Kraft derselben zu bestimmen gesucht. Er wählte hiezu die Wadenmuskeln, indem er nach der Methode, welche ich vorhin besprochen habe, den physiologischen Querschnitt derselben bestimmte. Er bestimmte ihn an mehreren Leichen und übertrug die erhaltene Grösse auf lebende Individuen. Um das Gewicht zu finden, welches die Wadenmuskeln heben können, stellte er den Menschen, der zum Experimente diente, mit beiden Füssen auf ein festes Lager. Zwischen den Füssen ging ein Balken durch, der auf der einen Seite einen festen Punkt hatte, um welchen er drehbar war, indem er mit einer aufstehenden Kante in eine Rinne eingriff. Der Mensch hatte einen Gürtel um den Leib, und von diesem ging ein Strick herunter, der unten an einen Haken befestigt wurde, der in den Balken eingeschraubt war. Auf dem Balken befand sich ein Laufgewicht, welches verschoben werden und nach rückwärts weiter hinaus gesetzt werden konnte. Wenn das Individuum sich nun auf die Ballen seiner beiden Füsse zu erheben suchte, musste es mittelst des Strickes den Balken von seiner Unterlage heben. Das Laufgewicht wurde jetzt so weit hinausgesetzt, dass das Individuum nur eben noch im Stande war, sich um ein Geringes auf der Unterlage zu erheben. Durch Messungen dieser Art, die an mehreren Personen angestellt wurden, wurde die absolute Kraft der Wadenmuskeln ermittelt und hieraus nach dem gefundenen physiologischen Querschnitte die Grösse derselben für den Quadratcentimeter Querschnitt berechnet. Schon Weber fand die absolute Kraft hier grösser, als er sie beim Frosche gefunden hatte, er fand 700 Gramm bis 1087 Gramm für den Quadratcentimeter. Später haben Henke und Koster noch viel grössere Zahlen erhalten, indem sie für den Unterschenkel 5,9 Kilogramm und für die Muskeln des Armes 8 Kilogramm fanden. Es ist nun wohl kein Zweifel, dass ein Theil dieser Differenz auf Rechnung der Verschiedenheit der Individuen kommt, denn es ist bekannt, dass verschiedene Individuen mit einer anscheinend gleich gut entwickelten Muskulatur, doch sehr verschieden stark sind; andererseits muss ich aber hinzufügen, dass Henke und Koster auch ihre Rechnungen auf andere mechanische Anschauungen gegründet haben, als Weber, und dass daraus auch ein grosser Theil der Differenz zu erklären ist.

Die Muskeln nach dem Tode.

Wenn ein Thier stirbt, so erlischt bekanntermassen die Contractilität der Muskeln nicht sofort. Die Muskeln bleiben noch längere Zeit nach dem Tode reizbar, und zwar ist diese Zeit sehr verschieden je nach der Natur der Thiere, und je nach den äusseren Umständen, unter denen sich die Muskeln befinden. Am längsten nach dem Tode bleiben die Muskeln der Reptilien und der Amphibien reizbar. Die Muskeln der Schildkröten findet man noch 8 bis 10 Tage nach dem Tode reizbar, und kann man ebensolange unter günstigen Verhältnissen die Muskeln der Frösche reizbar erhalten. Schon viel kürzere Zeit dauert die Reizbarkeit nach dem Tode bei den Fischen und am kürzesten bei den warmblütigen Thieren und unter diesen bei den Vögeln am kürzesten.

Die Muskeln leben am längsten nach dem Tode nicht etwa bei der Temperatur des menschlichen Körpers, sondern bei einer Temperatur, welche sich nicht viel über 0° erhebt. Eine Temperatur unter 0° ist ungünstig, weil die Muskeln dann gefrieren. Auch die verschiedenen Muskeln des Körpers verlieren ihre Reizbarkeit nicht zu gleicher Zeit: am frühesten die des Stammes, die Nackenmuskeln, die Rückenmuskeln und die Kaumuskeln, dann die Muskeln der oberen und der unteren Extremität; am längsten reizbar bleibt, wie schon Haller wusste, der rechte Vorhof, speciell das rechte Herzrohr, welches deshalb als das *ultimum moriens Halleri* bezeichnet wird. Vulpian sah das Herz eines Hundes sich noch am vierten Tage nach dem Tode contrahiren. Eine noch längere Dauer der Reizbarkeit sah Sertoli an einem aus glatten Fasern, contractilen Faserzellen, bestehenden Muskel, dem Retractor penis, der den meisten Säugethieren zukommt, aber dem Menschen fehlt. Dieser Muskel dem Pferde entnommen und in Pferdeserum von 5° bis 8° liegend blieb in einem Falle vom 18. bis zum 24. Januar, in einem anderen vom 28. Januar bis zum 4. Februar erregbar.

Wenn die Muskeln ihre Reizbarkeit verlieren, so geht noch eine anderweitige Veränderung mit ihnen vor, sie verlieren ihre Weichheit, ihre Dehnbarkeit, sie werden starr und widerstandsfähig, zuletzt in solchem Grade, dass man namentlich bei starken und muskulösen Individuen einen Arm, der gebeugt ist, nur mit Schwierigkeit strecken kann, und einen gestreckten Arm nur mit Schwierigkeit beugen kann. Deshalb geschieht es, dass man den Verstorbenen gleich nach dem Tode entkleidet, weil man weiss, dass nach längerer Zeit die Leiche starr ist, und man die Kleider nicht mehr herunterbringen würde, dass man sie herunterschneiden müsste. Diesen Zustand, der so in den Leichen eintritt, bezeichnet man mit dem Namen der Todtenstarre, des rigor mortis. Die Todtenstarre tritt, wie gesagt, dann ein, wenn die Muskeln ihre Reizbarkeit verlieren, also Alles, was vorhin über das Aufhören der Reizbarkeit gesagt worden ist, lässt sich unmittelbar auf das Eintreten der Todtenstarre anwenden. Die Todtenstarre tritt am spätesten bei den Schildkröten, demnächst bei den Fröschen ein, sie tritt am schnellsten ein bei den warmblütigen Thieren und unter diesen am schnellsten bei den Vögeln, sie tritt schneller ein, wenn die Leichen in warmer Temperatur aufbewahrt werden, als wenn sie sich im kalten Raume befinden, sie entwickelt sich

nicht in allen Theilen gleichzeitig, zuerst in den Nackenmuskeln, und in den Muskeln des Stammes u. s. f.

Die Todtenstarre umfasst alle muskulösen Gebilde, so dass nicht nur in den willkürlichen, sondern auch in den unwillkürlichen Muskeln, Todtenstarre eintritt, wenn sie in ihnen auch weniger merklich ist als in den willkürlichen, schon wegen ihrer geringeren Masse.

Die Todtenstarre rührt her von der Ausscheidung eines Eiweisskörpers in den Muskeln, welchen wir mit dem Namen des Muskelfibrins bezeichnen, weil er freiwillig und bei gewöhnlicher Temperatur gerinnt. Einige sind der Ansicht, dass er identisch sei mit Kühne's Myosin. Nachdem man schon aus den äusseren Umständen und Erscheinungen, welche sich bei der Todtenstarre wahrnehmen liessen, erschlossen hatte, dass dieselbe von dem Gerinnen eines Eiweisskörpers herrühre, hat Kühne diesen Eiweisskörper zuerst dargestellt, er hat ihn zuerst ausserhalb der Muskeln gerinnen lassen. Hiezu war es nöthig, dass man den Muskel ausspritzt und ihn dadurch vom Blute befreit. Wenn man ihn aber mit Wasser ausspritzt, so geräth er sofort in Tetanus und wird todtenstarr. Man hält das Wasser gewöhnlich für eine indifferente Flüssigkeit, man bringt es ohne Weiteres auf alle Wunden, man bringt es auf die Querschnitte durchschnittener Muskeln u. s. w.; für die Muskeln ist aber das Wasser, auch das destillirte, und gerade dieses am meisten, keineswegs ein indifferentes, sondern ein im höchsten Grade zerstörendes Medium. Da, wo die Muskelfasern mit Wasser in Berührung kommen, sterben sie augenblicklich unter fibrillären Zuckungen ab, und wenn man sie mikroskopisch untersucht, so findet man, dass die sarcous elements zerstört sind. Es gibt aber eine andere Flüssigkeit, in welcher sich die Muskeln sehr gut erhalten, viel besser als in destillirtem Wasser — was übrigens nichts sagen will, denn sie erhalten sich z. B. in einer concentrirten Lösung von arseniger Säure oder in einer Borsäurelösung besser als in Wasser — und diese Flüssigkeit ist die einpercentige oder, noch genauer gesagt, die $^3/_4\%$ oder 0·6% Kochsalzlösung. Es würde also viel zweckmässiger sein, auf die Muskelwunden niemals Wasser anzuwenden, sondern immer eine Lösung von 0·6% Kochsalz, wenn nicht der Uebelstand bestünde, dass das Wasser verdunstet, und nun eine concentrirtere Kochsalzlösung zurückbleibt, welche ihrerseits feindlich auf die Muskelsubstanz und auf die Nerven einwirkt. Einer solchen verdünnten Kochsalzlösung bediente sich Kühne, um das Blut aus den Muskeln auszuspritzen. Er konnte dadurch einen lebenden und vollständig blutfreien Muskel erhalten. Diesen presste er unter der Schraubenpresse aus und erhielt eine Flüssigkeit, aus welcher sich das Muskelfibrin ausschied, derjenige Körper, welcher sich sonst nach dem Tode innerhalb des Muskels ausscheidet, und welcher den Muskel fest, consistent macht und durch seine Ausscheidung die Erscheinungen der Todtenstarre zu Wege bringt.

Mit diesen fibrösen Ausscheidungen hängt es auch zusammen, dass der Körper immer todenstarr wird in derjenigen Lage, in welcher er sich eben befindet. Wenn man einen Arm streckt, so wird er in gestreckter Lage todtenstarr, wenn man einen Arm beugt, wird er in gebeugter Lage todtenstarr. Das ist der Grund, weshalb man die Leichen nach dem Tode zurechtlegt, damit sie in einer bestimmten Lage starr werden, dass man ihnen Münzen auf die Augen legt, ein Buch unter

den Unterkiefer schiebt, damit die Augen und der Mund geschlossen seien u. s. w.

Ganz jedoch wird die Stellung nicht eingehalten. Es beginnen nämlich im Verlaufe der Entwickelung der Todtenstarre langsame Bewegungen, welche zuerst von Sommer beobachtet worden sind, und welche deshalb die Sommer'schen Bewegungen heissen. Diese setzen sich auch, wie Storoscheff gezeigt hat, noch fort, nachdem die Starre sich schon vollkommen entwickelt hat. Sie bestehen darin, dass der Arm im Ellbogengelenk etwas gebeugt wird, dass die Finger etwas gekrümmt werden, und der Daumen etwas nach innen gezogen wird, kurz diese Bewegungen sind immer solche, dass man sieht, die stärkeren Muskeln überwiegen ihre schwächeren Antagonisten. Da am Arme und an der Hand die Beuger die Strecker überwiegen, so tritt eine geringe Beugung im Ellbogengelenk und eine geringe Krümmung der Finger ein. Diese Bewegungen haben ihren Grund in Verkürzungen der sterbenden und todten Muskeln. Wenn man in einen todtenstarr gewordenen Muskel einen tiefen Querschnitt hineinmacht, so wird dieser Schnitt nach und nach keilförmig, es ziehen sich die Wundlippen etwas zurück und in der Tiefe der Schnittfurche sammelt sich eine kleine Menge von Flüssigkeit an. Letztere Erscheinung scheint indess unwesentlich zu sein, denn sie fehlt häufig und zeigt sich, wo sie vorkommt, erst so spät, dass man sie nicht mehr mit den Ursachen der Sommer'schen Bewegungen in Zusammenhang bringen kann. Es scheint, dass während des Gerinnungsprocesses und durch den Gerinnungsprocess selbst sich ein Spannungszustand entwickelt, vermöge dessen sich der Muskel zusammenzieht. Er zieht sich dabei nicht in allen Richtungen zusammen, wie das geronnene Blutfibrin, sondern nur in der Längsrichtung; in der Quere wird er dicker.

Es ist mehrfach behauptet worden, dass Muskelcontractionen, welche während des Lebens stattfinden, unmittelbar in die Todtenstarre übergehen könnten. Es ist behauptet worden, dass bei dem Tetanus die krampfhafte Starre unmittelbar in die Todtenstarre übergehe, ohne ein dazwischenliegendes Erschlaffen. Es ist das nach neueren, besseren Beobachtungen nicht richtig. Die Muskeln werden nur, wenn ein Individuum an Tetanus stirbt, sehr früh todtenstarr: denn die Muskeln verlieren ihre Reizbarkeit um so früher und sterben um so früher ab, je mehr sie vor dem Tode durch Contractionen erschöpft worden sind. Ich habe z. B. bei Kaninchen, welche ich so mit Strychnin vergiftet hatte, dass sie noch mehrere Krampfanfälle vor dem Tode bekamen, die Todtenstarre schon 10 Minuten nach dem Tode des Thieres eintreten gesehen; aber ich habe niemals gesehen, dass ein Tetanusanfall unmittelbar in die Todtenstarre übergegangen wäre: es war immer ein freies Intervall von näherungsweise 10 Minuten.

Es ist ferner in neuester Zeit wieder die Behauptung aufgetaucht, dass Muskelcontractionen unmittelbar in die Todtenstarre übergingen. Es ist dieselbe mitgebracht von Kriegschirurgen aus dem amerikanischen und dem letzten deutsch-französischen Kriege. Sie haben Leichen in eigenthümlichen Stellungen aufgefunden, von denen sie glaubten, dass es gerade diejenigen Stellungen seien, welche die Individuen unmittelbar vor dem Tode angenommen hatten. Es ist nirgendwo der Beweis geführt,

dass dies wirklich dieselben Stellungen waren, und andererseits kann man Thiere auf irgend welche Weise und in irgend welcher Lage tödten, es ist ganz gleich, es tritt immer erst ein Stadium der Erschlaffung ein, und dann werden die Thiere starr in derjenigen Lage, in welche man sie hineinbringt. Ich habe niemals, weder an einem Thiere noch an einem Menschen, etwas gesehen, was von diesem Gesetze abgewichen wäre.

Räthselhafter als die Skeletmuskeln ist mir in dieser Hinsicht der Zustand des Herzens erschienen. Man findet nämlich in den Leichen, wenn man eine grosse Menge von Herzen untersucht, dieselben in sehr verschiedenen Zuständen. Bei weitem die Mehrzahl der Herzen findet man in der Leiche in vollständig erschlafftem Zustande vor, mit Blut gefüllt oder weniger mit Blut gefüllt und dann abgeplattet, kurz in ganz passiven Formen starr geworden. Dann findet man aber dazwischen Herzen, welche, wenn auch nicht gerade vollständig, doch nahezu den systolischen Zustand rapräsentiren, indem ihre Ventrikel eng sind, ihr Muskelfleisch dick ist u. s. w., ohne dass sonst an dem Herzen irgend etwas Anomales zu finden wäre, so dass man berechtigt wäre, an eine concentrische Hypertrophie zu denken.

Das Aufhören der Todtenstarre rührt davon her, dass durch die beginnende Fäulniss ein Theil des ausgeschiedenen Fibrins sich wieder verflüssigt. Die Todtenstarre löst sich also um so früher, je früher der Fäulnissprocess eintritt, sie löst sich früher in höherer Temperatur als in niederer, sie löst sich früher in Leichen, welche zur Fäulniss geneigt sind, als in solchen, die derselben längere Zeit widerstehen. Es muss übrigens bemerkt werden, dass sich immer das ausgeschiedene Fibrin nur theilweise verflüssigt, dass die Muskeln niemals wieder die Weichheit bekommen, welche sie während des Lebens und unmittelbar nach dem Tode haben.

Nur in den Anfängen der Todtenstarre lässt sie sich wieder lösen und lässt sich der Muskel wieder reizbar machen, und zwar in den allerersten Stadien dadurch, dass man Blut wieder durch die Gefässe des Muskels circuliren lässt: dann verliert sich die beginnende Starre, der Muskel fängt wieder an, reizbar zu werden. Wenn er aber stärker starr geworden ist, und namentlich, wenn er schon saure Reaction angenommen hat, geht es auf diesem Wege allein nicht mehr. Preyer hat es indessen dahingebracht, auch in einem späteren Stadium die Muskeln noch zu beleben. Es löst sich nämlich das Fibringerinnsel in der ersten Zeit noch wiederum durch Kochsalzlösung; er behandelt also einen solchen Muskel mit Kochsalzlösung, löst dadurch das Fibrin auf, und dann lässt er Blut hindurch circuliren, und hiedurch macht er ihn wieder reizbar, so dass er den Muskel, der thatsächlich todtenstarr gewesen ist, noch wiederum zum Functioniren bringt.

Der Eiweisskörper, welcher sich allmälig nach dem Tode ausscheidet und die Todtenstarre hervorbringt, das Muskelfibrin, scheidet sich plötzlich aus bei kaltblütigen Thieren, wenn die Muskeln auf 40° erwärmt werden, bei warmblütigen Thieren und beim Menschen, wenn die Muskeln auf 45° erwärmt werden. Wenn aber Froschmuskeln auf 45° und Säugethiermuskeln auf 50° erwärmt werden, so scheidet sich noch ein Eiweisskörper aus, der sich auch in dem ausgepressten Muskel-

safte durch Erwärmung auf 50° nachweisen lässt. Hierdurch wird noch eine stärkere Starre erzeugt, die sogenannte Wärmestarre. Man kann dieselbe auch am lebenden Thiere erzeugen. Wenn man einem Frosche die Hinterbeine zusammenbindet und dieselben in Wasser von einer Temperatur von 45° bis 50° hineinsteckt, und sie eine Weile darin lässt, so werden die Beine vollkommen starr, und zwar starrer als die eines todtenstarren Frosches, weil jetzt nicht nur das eigentliche Muskelfibrin geronnen ist, sondern auch dieser bei 45° gerinnende Eiweisskörper. Dabei lebt der Frosch noch, schwimmt im Wasser umher, schleppt aber die Hinterbeine wie ein paar Stöcke nach.

Wenn man den ausgepressten Muskelsaft noch weiter erwärmt, erfolgen noch partielle Eiweissausscheidungen, bis zu einer Temperatur von 70° bis 80°, wo das gewöhnliche lösliche Eiweiss vollständig gerinnt, und nun bei weiterer Temperaturerhöhung keine weitere Ausscheidung erfolgt. Ausser dem Muskelfibrin, das sich freiwillig ausscheidet beim Absterben des Muskels, kommt also im Muskelsafte noch eine Reihe von Eiweisskörpern vor, welche sich bei verschiedenen Temperaturen von 50° bis 70° ausscheiden, und von denen eben das zuletzt sich ausscheidende, dem löslichen Eiweiss, wie es sich im Blutserum, im Hühnerei u. s. w. vorfindet, am meisten entspricht.

Die electrischen Ströme, welche aus den Muskeln abgeleitet werden können.

Die ersten erfolgreichen Schritte auf dem Gebiete der Muskelelectricität wurden von Galvani gemacht. Es zeigte sich, dass Froschpräparate, welche sich in der Nähe des geladenen Conductors einer Electrisirmaschine befanden, zuckten, wenn man Funken aus dem Conductor zog, während die Froschpräparate mit dem Erdboden in leitender Verbindung standen. Diese Erscheinung erklärt sich einfach nach der Theorie des Rückschlages. Durch die Ladung des Conductors, wir nehmen an mit $+E$, wurde eine gewisse Quantität von $-E$ aus dem Froschpräparate gebunden, und das Aequivalent an $+E$ wurde abgeleitet. Es hatte also eine electrische Vertheilung im Froschpräparate stattgefunden. Jetzt wurde aus dem Conductor ein Funke gezogen und ihm ein Theil seines $+E$ entzogen: der Rest von $+E$ konnte nicht mehr das ganze $-E$ binden, welches früher gebunden war; nach der gewöhnlichen dualistischen Anschauung von diesem Vorgange mussten sich also $+E$ und $-E$ vereinigen und dadurch einen Strom geben, vermöge dessen das Froschpräparat zuckte. Es ist also an diesen Beobachtungen an und für sich nichts von thierischer Electricität. Galvani kannte aber damals die Theorie des Rückschlages noch nicht. Es fiel ihm deshalb diese Erscheinung in hohem Grade auf, er hielt sie für eine Aeusserung thierischer Electricität und sie veranlasste ihn, mit grossem Eifer über die electrischen Wirkungen von Muskeln und Nerven zu experimentiren. Er fand, dass man bei sehr empfindlichen Froschpräparaten eine Zuckung bekommt, wenn man den Nerven eines Muskels mit letzterem durch einen metallischen Bogen verbindet. Volta wies aber nach, dass es nach den bisher bekannten Thatsachen wahrscheinlich

sei, dass die electrischen Differenzen mehr in den leitenden Bögen und in deren Berührungsstellen mit den thierischen Theilen zu suchen seien, als in den thierischen Theilen selbst. Galvani war deshalb eifrig bemüht, den metallischen Schliessungsbogen ganz zu vermeiden, und dies gelang ihm auch, indem er den Nerv über einen Glasstab hinüber legte und ihn auf den Muskel herabfallen liess; dann trat bei empfindlichen Präparaten eine Zuckung ein, und dies war, wie wir später sehen werden, die erste wahre thierisch-electrische Erscheinung, welche beobachtet worden ist.

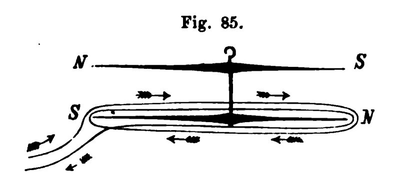
Später, als Oersted die Ablenkung der Magnetnadel durch den electrischen Strom nachgewiesen hatte, construirten Schweiger und Poggendorff sogenannte Multiplicatoren, das heisst sie führten den Strom in einem aufgewundenen Drahte sehr oft an der Magnetnadel vorüber und erzielten dadurch eine viel stärkere Wirkung, so dass jetzt die Magnetnadel als ein empfindliches Reagens für einen vorhandenen Strom dienen konnte. Eines solchen Multiplicators bediente sich Nobili, um die thierischen Theile auf ihre Electricität näher zu untersuchen, und er fand, dass, wenn er Wirbelsäule und Füsse eines nach Galvani's Vorschrift präparirten Frosches in zwei Gefässe mit Salzlösung tauchte, welche mit den Drahtenden eines Multiplicators verbunden waren, sich eine Ablenkung der Magnetnadel zeigte, welche einen Strom angab, der im Schliessungsdrahte vom Kopfe nach den Füssen des Frosches gerichtet war. Dieses ist der sogenannte Nobilische Froschstrom, der, wie wir später sehen werden, nur die Resultante von den verschiedenen Strömen ist, welche aus den einzelnen Muskeln des Frosches abgeleitet werden. Durch die weiteren Bemühungen von Nobili, von Matteucci und besonders von Emil du Bois Reymond ist jetzt dieses Gebiet zu einem hohen Grade von Entwickelung gelangt, und wir wollen uns zunächst mit den namentlich durch du Bois vervollkommneten Instrumenten beschäftigen, mit deren Hilfe die weiteren Resultate erlangt worden sind. Beginnen wir mit derjenigen Form und Anordnung, deren sich du Bois bediente, als er seine grundlegenden Entdeckungen machte.

Der Multiplicator.

Die Magnetnadel des Multiplicators, wie er zu thierisch-electrischen Versuchen gebraucht wird, ist eine astatische Doppelnadel, das heisst es werden durch ein Zwischenstück von Schildpatt oder von Aluminium zwei gleiche Magnetnadeln so mit einander verbunden, dass der Nordpol der einen Nadel über dem Südpol der andern Nadel steht und umgekehrt. Das hat den Zweck, die Wirkung des Erdmagnetismus aufzuheben oder doch in hohem Grade abzuschwächen. Eine einfache Magnetnadel stellt sich bekanntlich in den magnetischen Meridian, mit ihrem Gen-Nord-Pol nach Norden, mit ihrem Gen-Süd-Pol nach Süden weisend, und wird durch die Wirkung des Erdmagnetismus in dieser Lage festgehalten, so dass schwache electrische Ströme nur eine geringe Ablenkung hervorbringen. Um also die Wirkung des Erdmagnetismus zu compensiren, verbindet man mit einer Magnetnadel eine ebenso starke zweite in umgekehrter Polrichtung. Es wird dann, wenn die magnetischen Kräfte in beiden Nadeln einander wirklich genau die Wage halten, das System

gar keine Richtkraft haben. Was geschieht nun, wenn ich um dieses System einen Strom so herumleite, dass die Windungen des Drahtes, in welchem der Strom circulirt, um die untere Nadel herumgehen, und die obere Nadel frei über den Windungen schwebt? Um das zu verstehen, muss man sich an das Gesetz der Ablenkung der Nadel aus ihrer Gleichgewichtslage erinnern. Nach dem bildlichen Ausdrucke Ampère's wird der Nordpol immer abgelenkt zur linken Hand eines Männchens, welches man sich mit dem Gesichte gegen die Nadel gewendet in dem Strome und mit dem Strome schwimmend denkt. Fig. 85 stelle schematisch das Nadelpaar und die Drahtwindungen dar; die Pfeile sollen die Stromrichtung angeben. Wir wollen uns zunächst das Männchen unter den Nadeln und mit dem Gesichte gegen dieselben gewendet in dem Strome und mit dem Strome schwimmend denken. Dann streckt es seine linke Hand zur Ebene des Papiers hinein. Der unter den Nadeln liegende Theil der Windungen wirkt also auf beide Nadeln in entgegengesetzter Richtung, indem er beide Nordpole nach unserer Zeichnung in das Papier hineindrängt. Die Wirkungen heben also einander auf, nur ist die Wirkung auf die untere Nadel wegen der grösseren Nähe stärker. Anders verhält es sich mit dem Theile der Windungen, der zwischen den beiden Nadeln liegt. Denken wir uns in ihm das Männchen zuerst mit seinem Gesichte gegen die untere Nadel gewendet. Da wird es seine linke Hand wieder in das Papier hineinstrecken, es wird also der Nordpol der unteren Nadel durch diesen Theil der Windungen auch in das Papier hineingedrängt werden. Um nun ihre Wirkung auf die obere Nadel zu ermitteln, kehren wir das Männchen um, so dass es sein Gesicht gegen die obere Nadel wendet. Dann streckt es seine linke Hand uns entgegen und zum Papier heraus. Der zwischen den Nadeln liegende Theil der Windungen drängt also den Nordpol der oberen Nadel uns entgegen und zum Papier heraus. Er wirkt also auf beide Nadeln gleichsinnig. Während also die Wirkungen des Erdmagnetismus auf beide Nadeln einander aufheben, wird das Nadelpaar von einem Strome in den Drahtwindungen in einem durch die Stromrichtung bestimmten Sinne abgelenkt und findet hierbei keinen, oder einen doch bis auf einen beliebig kleinen Werth zu verringernden Widerstand von der Richtkraft des Erdmagnetismus.

Fig. 85.



Die Wirkung auf die Nadel fällt bei ein und derselben Stromstärke um so grösser aus, je grösser die Anzahl der Windungen ist. Andererseits wird aber durch die Vermehrung der Windungen der Leitungswiderstand vergrössert und so die Stromstärke herabgedrückt. Bei der Untersuchung von Thermoströmen arbeitet man deshalb mit Multiplicatoren, die nur wenige Windungen von verhältnissmässig dickem Draht haben, weil hier, wo die Kette ganz aus Metallen besteht, bei dem geringen wesentlichen Widerstande die Vermehrung des ausserwesentlichen Widerstandes mehr schadet, als durch die weitere Vermehrung der Windungen genützt wird. Da bei unsern Versuchen aber die Kette aus relativ schlecht leitenden thierischen Theilen besteht

also der wesentliche Widerstand schon an und für sich gross ist, so kommt es uns nicht darauf an, auch den ausserwesentlichen Widerstand zu vergrössern, wenn wir dadurch in die Lage gesetzt sind, den Strom öfter um die Nadel herum zu führen. Wir werden also eine sehr grosse Menge von dünnem besponnenem Kupferdraht auf ein Gestell so aufwickeln, dass die untere Nadel so zwischen den Windungen schwebt, wie es in dem Schema Fig. 85 angedeutet ist. Ein solcher Multiplicator muss viele tausend Windungen haben, damit er empfindlich genug sei nicht nur für die Ströme, welche von Muskeln abgeleitet werden, sondern auch für die schwerer nachweisbaren, welche von den Nerven abgeleitet werden. Um der Nadel, welche an einem Coconfaden aufgehängt ist, einen grösseren oder geringeren Grad von Richtkraft geben zu können, befindet sich auf dem messingenen Schnabel, Fig. 86 *ox*, ein sehr kleiner Magnet, welcher dem Pole der oberen Nadel genähert und von demselben entfernt und auch seitlich verschoben werden kann. Eines solchen Hilfsmittels bediente sich schon Nobili, aber er wendete einen grösseren Magnet an, den er in einem Halter befestigte und diesen in grösserer Entfernung von dem Multiplicator aufstellte.

Fig. 86 *).



Fig. 86 zeigt den Multiplicator in seiner Aufstellung mit dem Glassturze, welcher ihn bedeckt, um ihn vor Luftströmungen und vor Staub zu schützen. Unter den kleinen Knäufen *rr* befinden sich kleine vorspringende Glimmerstückchen, die sogenannten Hemmungen, an welche die Nadel anschlägt, wenn sie einen Impuls erhält, der sie sonst über 90^0 hinausgetrieben hatte. Die Schraube *m* dient dazu, das Azimuth der Aufstellung zu reguliren. Die Drähte *n* und *n,* führen von den Multiplicatorwindungen zum Muskel.

Zuleitungsgefässe und Electroden.

Wenn man diese Drähte unmittelbar mit den thierischen Theilen in Verbindung bringen würde, so würde man Ströme erhalten, welche freilich sehr kräftig auf die Nadel wirken, welche aber zum grössten Theile mit dem eigentlichen Muskelstrome, welchen wir suchen, nichts

*) Fig. 86 ist im Wesentlichen aus J. Rosenthal's Electricitätslehre für Mediciner (Berlin bei Hirschwald) entnommen.

zu thun haben, sondern lediglich Folge der electrischen Differenzen sind, welche sich an den Drahtenden vorfinden. Selbst wenn man an den Drahtenden Platinplatten anbringt und mit diesen die thierischen Theile berührt, so ist das noch nicht hinreichend. Man muss erst die Platinplatten in eine leitende Flüssigkeit tauchen, wozu sich du Bois der concentrirten Kochsalzlösung bediente. Man muss in diese Flüssigkeit Papierbäusche hineinsetzen, welche sich mit derselben infiltriren, und damit die Kochsalzlösung die thierischen Theile nicht anätzt, muss man den Rand des Bauches, welchen man mit den thierischen Theilen in Berührung bringen will, mit kleinen Stückchen Blase, die in Hühnereiweiss aufgeweicht sind, bedecken.

Wenn man aber nun das Ganze zusammengesetzt hat und durch einen Papierbausch schliesst, welcher in Kochsalzlösung getränkt ist, so bekommt man noch Wirkungen, welche die Nadel zu einem grösseren oder geringeren Ausschlage im einen oder anderen Sinne treiben. Das rührt davon her, dass noch bedeutende electrische Differenzen in dem Stromkreise vorhanden sind. Um dies auszugleichen, bedeckt man die Platinplatten mit Fliesspapier, man firnisst sie oben, damit sie immer nur bis zu einer gewissen Höhe benetzt werden, man taucht sie ein und schliesst nun das Ganze durch einen Papierbausch. Dann bekommt man noch immer eine bedeutende Ablenkung, aber nun lässt man das Ganze ruhig stehen, dann wird die Ablenkung immer geringer, und endlich kommt die Nadel auf 0^0 zurück. Das rührt daher, dass sich auf den Platinplatten durch Electrolyse der Salzlösung die sogenannte secundäre Polarität entwickelt, deren electromotorische Wirkung der primären entgegengesetzt und schliesslich, wenn letztere nicht eine gewisse Grenze übersteigt, genau gleich ist. Darauf beruht es ja auch, dass die gewöhnlichen Ketten keine constanten Ketten sind, sondern dass sie mit der Zeit an Wirksamkeit verlieren; sie zersetzen die Flüssigkeiten und die Zersetzungsproducte, die sogenannten Jonen, häufen sich an den Elementen und an den Electroden an und laden dieselben im entgegengesetzten Sinne, so dass dadurch nach und nach die Wirkung der electrischen Differenzen im Stromkreise mehr und mehr aufgehoben wird. Was bei der electrischen Kette im Grossen geschieht, das geschieht hier im Kleinen, indem die kleinen electrischen Differenzen, welche im Stromkreise vorhanden waren, auf die Summe 0 gebracht werden. Dass dies geschehen ist, davon überzeugt man sich indem man den Papierbausch wegnimmt und ihn wieder auflegt, wobei die Nadel vollkommen ruhig bleiben muss.

Du Bois' Gesetz des Muskelstromes.

Jetzt ist man im Stande, mit dem Muskel zu experimentiren und zwar in der Weise, dass man von einem gerade gefaserten Muskel, z. B. vom M. gracilis des Frosches, ein Stück nimmt, an welchem zwei künstliche Querschnitte angelegt sind, und es so auflegt, dass auf der einen Seite der Längsschnitt und auf der andern Seite der Querschnitt berührt wird. Man hat während dies geschehen, noch daneben mit dem Papierbausch geschlossen, der Strom des Muskels geht also noch grösstentheils durch den Papierbausch, weniger durch den Multiplicator. Jetzt nimmt

man aber den Papierbausch weg. Nun sieht man, dass die Nadel bedeutend abgelenkt wird, dass sie einen Strom anzeigt, der im Schliessungsdrahte vom Längsschnitte zum Querschnitte des Muskels circulirt. Nimmt man den Muskel weg und legt den Schliessungsbausch auf, so bekommt man eine Ablenkung der Nadel nach der entgegengesetzten Richtung, zum Zeichen, dass der Muskel wirklich als Kette gewirkt hat, denn er hat jetzt die Electroden im entgegengesetzten Sinne polarisirt, er hat Zersetzungsproducte an ihnen angehäuft und auf diese Weise electrische Differenzen im Kreise hervorgerufen, welche vorher nicht vorhanden waren.

Nachdem sich diese Differenzen wieder ausgeglichen haben, die Nadel auf 0 zurückgekommen ist, legt man den Muskel so auf, dass er auf der einen Seite zwar wieder mit dem Längschnitte, auf der anderen aber mit dem anderen Querschnitte den ableitenden Bausch berührt. Man bekommt nun eine Ablenkung von ungefähr der gleichen Grösse wie vorhin, welche abermals so gerichtet ist, dass sie einen im Draht vom Längsschnitte zum Querschnitte circulirenden Strom anzeigt. Wenn man dagegen den Muskel so auflegt, dass er an beiden Seiten nur mit seinem Querschnitte berührt, so bekommt man keinen Strom.

Wenn man zwei Punkte des Längsschnittes ableitet, welche gleich weit von der Mitte entfernt sind, so bekommt man auch keinen Strom; wenn man aber einen Punkt des Längsschnittes ableitet, welcher der Mitte nahe ist, und einen andern Punkt des Längsschnittes ableitet, welcher dem Querschnitte nahe ist, so bekommt man einen Strom, welcher im Schliessungsdrahte von demjenigen Ende ausgeht, das den Muskel näher zur Mitte ableitet, und hingeht zu dem Ende, welches ihn von der näher zum Ende, zum Querschnitte gelegenen Stelle ableitet. Aber dieser Strom ist viel schwächer als der, den man erhält, wenn man auf der einen Seite mit dem Längsschnitte, auf der andern mit dem Querschnitte aufgelegt hat.

Die electrischen Differenzen der Muskelsubstanz zeigen sich noch an einem Bruchstücke einer Muskelfaser; es ist deshalb nicht unmöglich, dass sie ihren Sitz haben in den kleinsten Elementen des Muskels, in denjenigen Theilen, von welchen die Contractionserscheinungen ausgehen. Als Ganzes betrachtet, verhält sich nach dem Bilde, welches du Bois davon gegeben hat, ein prismatisches Muskelstück wie ein System von Kupferdrähten, welche auf der Mantelfläche verzinkt und auf dem Ende roth gelassen sind, so dass dadurch ein ähnlicher Gegensatz zwischen Längsschnitt und Querschnitt hervorgerufen ist.

Wenn man statt des künstlichen Querschnittes das natürliche Ende des Gracilis auflegt, bekommt man auch einen Strom, und zwar in fast gleicher Stärke und in der nämlichen Richtung, wie vorhin. Dieser Strom rührt daher, dass die Sehne als ein indifferenter, der Muskelsubstanz aufgelegter Leiter angesehen werden kann, während unter der Sehne die Muskelfasern nach du Bois facettenförmig enden, so dass nach seinem Ausdrucke das sehnige Ende des Muskels als natürlicher Querschnitt zu betrachten ist.

Nicht an allen Muskeln sind die Verhältnisse so einfach, wie bei dem regelmässig gebauten Gracilis. Am Gastrocnemius z. B. sind sie viel verwickelter; allein auch hier kann die Ausbreitung der Achillessehne,

welche den Muskelbauch löffelförmig umfasst, als ein indifferenter Ueberzug über darunterliegende natürliche Querschnitte gelten, der deshalb negativ gegen nacktes Fleisch, d. h. gegen den Längsschnitt am Muskelkopfe, ist.

Diese Wahrnehmung gibt den Schlüssel zu der vorerwähnten Zuckung ohne Metalle. Wenn ich den aus dem Oberschenkel herauspräparirten und über einen Glasstab zurückgelegten Nerven so auf den Gastrocnemius fallen lasse, dass er den mit der sehnigen Ausbreitung der Achillessehne bekleideten Theil des Muskels berührt, so stellt sich hier eine Leitung her zwischen Längsschnitt und natürlichem Querschnitt, der Strom geht durch den Muskel und also auch durch den Nerven hindurch und er ist es, welcher, indem er geschlossen wird, die Zuckung veranlasst.

Bei diesem Strome zwischen Längsschnitt und natürlichem Querschnitt zeigt sich aber eine merkwürdige Erscheinung. Man findet, dass er, namentlich an Fröschen, die der Kälte ausgesetzt waren, oft ausserordentlich schwach ist, dass oft kaum eine merkliche Nadelablenkung entsteht. Wenn aber die sehnige Ausbreitung angeätzt oder einem anderweitigen Insulte ausgesetzt wird, so tritt der Strom plötzlich in seiner ganzen Stärke hervor. Du Bois leitet dies ab von einer Schichte der Muskelsubstanz, welche sich unmittelbar unter der Sehne befindet und in ihren Molekülen so angeordnet ist, dass sie dem ursprünglichen Strome entgegenwirkt, ihn unwirksam macht. Er bezeichnet diese Schicht mit dem Namen der parelectronomischen Schicht, und die Aetzung, die Insulte wirken nach ihm dadurch, dass sie diese parelectronomische Schicht unwirksam machen und nun den ursprünglichen Strom zwischen Längsschnitt und Querschnitt hervortreten lassen.

L. Hermann betrachtet dagegen den stromlosen Zustand insofern als den normalen, als er alle Ströme von Differenzen in der contractilen Substanz herleitet, welche seiner Ansicht nach im ruhenden unversehrten Muskel nicht vorhanden zu sein brauchen.

Stromschwankung im Reizungszustande.

Bis jetzt haben wir nur von dem Strome des ruhenden Muskels gesprochen. Der Muskelstrom erleidet aber eine wesentliche Veränderung durch Reizung des Muskels zur Zusammenziehung. Wenn man den Muskel auflegt und seinen Nerven über die Electroden eines Neef'schen Magnetelectromotors oder eines magnetelectrischen Rotationsapparates hinüberbrückt, und nun, nachdem die Nadel eine feste Stellung eingenommen hat, den Muskel mittelst der Schläge des Inductionsapparates vom Nerven aus tetanisirt, so geht die Nadel zurück. Es zeigt sich hier also eine Abnahme des Muskelstromes unter dem Einflusse der Reizung. Du Bois wies bereits nach, dass diese Stromabnahme im Tetanus nicht von einer Formveränderung des Muskels herrührt, indem sie noch auftrat, wenn der Muskel auch so befestigt war, dass er sich nicht thatsächlich zusammenziehen konnte, sondern dass er nur zur Zusammenziehung gereizt wurde, und Helmholtz wies nach, dass diese negative Stromschwankung sogar eintritt vor der Contraction, in demjenigen Stadium, welches wir durch die Myographionversuche kennen gelernt haben als das Stadium

der latenten Reizung. Bernstein hat dann später nachgewiesen, dass, wenn irgendwo ein Muskel local gereizt wird, an dieser Stelle eine negative Stromschwankung hervorgerufen wird, welche sich mit einer Geschwindigkeit von etwas weniger als 4 Meter in der Secunde fortpflanzt, dass sie immer der Contraction vorangeht, und dass ihr in näherungsweise constanter Zeit die Contractionswelle folgt, dass die Contractionswelle annähernd mit derselben Geschwindigkeit über die Länge der Muskelfasern abläuft, wie die negative Stromschwankung.

Diese negative Stromschwankung gibt wieder einen Aufschluss über einen andern interessanten Versuch, über die sogenannte secundäre Zuckung. Denken Sie sich, Sie hätten einen Froschschenkel, welcher enthäutet wäre, und Sie legten der Länge nach über den Gastrocnemius desselben, so dass er rothes Muskelfleisch und Sehne gleichzeitig berührt, den herauspräparirten Nervus ischiadicus eines anderen Froschschenkels, der auch enthäutet sein kann, es aber nicht sein muss: wir wollen zum Unterschiede annehmen, er sei nicht enthäutet. Jetzt reizen Sie den enthäuteten Schenkel von seinem Nerven aus auf irgend eine Art, mechanisch, chemisch oder electrisch; in demselben Augenblicke zuckt auch der zweite Schenkel. Es ist nämlich durch die Zusammenziehung des enthäuteten Gastrocnemius in ihm eine negative Stromschwankung entstanden. Da der Nerv des nicht enthäuteten Schenkels schloss zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt dieses Muskels, so musste die Stromschwankung nicht allein durch den Muskel des enthäuteten, sondern auch durch den Nerven des nicht enthäuteten Schenkels hindurchgehen, und in Folge davon zuckte auch der letztere. Wenn Sie eine Reihe von Zuckungen hervorbringen, wenn Sie z. B. durch den Neef'schen Magnetelectromotor tetanisiren, so contrahirt sich auch der nicht enthäutete Schenkel, weil bei jedem neuen Inductionsschlage eine neue Stromschwankung in den Muskeln des nicht anthäuteten Schenkels entsteht.

Ein anderer noch viel interessanterer Versuch, der auf der negativen Stromschwankung beruht, ist die Ablenkung der Magnetnadel durch die willkürliche Muskelcontraction eines Menschen. Sie nehmen die Bäusche aus ihren Kochsalzgefässen heraus und stecken statt dessen von jeder Ihrer Hände einen Finger in die Kochsalzlösung hinein, um so durch ihren Körper den Multiplicatorkreis zu schliessen. Die Nadel wird durch allerlei dabei sich geltend machende electromotorische Unterschiede der Finger einigermassen abgelenkt werden, Sie warten, bis sich diese Differenzen ausgeglichen haben, und die Nadel näherungsweise bis auf den Nullpunkt zurückgekommen ist, dann contrahiren Sie die Muskeln eines Ihrer Arme und lassen die des andern erschlafft, sofort bekommt die Nadel eine Ablenkung, welche einen Strom anzeigt, der in dem Arme, dessen Muskeln contrahirt sind, aufsteigt, durch die Brust geht und in dem erschlafften Arme absteigt. Du Bois hat das Resultat dieses Versuches bis auf die Richtung des Stromes lange vorhergesagt, ehe die Empfindlichkeit seiner Apparate weit genug gediehen war, um ihm zu erlauben, ihn mit Erfolg anzustellen. Er erklärt ihn folgendermassen. Die Muskeln beider Körperhälften haben ihre Ströme; da sie entgegengesetzt gelagert sind, so compensiren sich deren Resultanten so, dass wenn alle Muskeln in Ruhe sind, der Kreis stromlos ist. Nun

contrahirt man die Muskeln des einen Armes. Dadurch tritt negative Stromschwankung ein, und in Folge davon geht ein Strom durch den Körper, welcher in dem Arme, dessen Muskeln contrahirt sind, aufsteigt und in dem Arme, dessen Muskeln nicht contrahirt sind, absteigt, woraus zu schliessen ist, dass im menschlichen Arme der Strom in der Ruhe absteigt.

Spätere Modificationen der Apparate.

In späterer Zeit haben die Apparate, welche zu thierisch-electrischen Versuchen dienen, mancherlei Veränderungen erlitten, von denen ich hier sprechen muss, nachdem ich Ihnen diejenige Anordnung auseinandergesetzt habe, mit welcher von du Bois die eigentlichen Fundamentalversuche zuerst angestellt worden sind. Diese Veränderungen beziehen sich einerseits auf den Multiplicator und andererseits auf die Zuleitungsgefässe. Beim Multiplicator entsprechen begreiflicher Weise die Ablenkungen nicht den Stromstärken, denn je mehr die Nadel aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkt wird, um so grösser muss die Kraft sein, welche sie noch weiter ablenken soll, und ein unendlich starker Strom könnte auch nicht mehr thun, als die Nadel senkrecht auf die Windungen stellen. Nur bei sehr kleinen Ablenkungen, die an einem solchen Multiplicator wegen des Schwankens der Nadel kaum mit Sicherheit abzulesen sind, sind die Ablenkungen den Stromstärken proportional, weil bei sehr kleinen Winkeln die Sinus und die Tangenten noch proportional den Bögen wachsen.

Um nun sehr kleine Ablenkungen abzulesen, hatte zuerst Poggendorff den Magnet mit einem Spiegel verbunden und in diesem Spiegel liess er sich eine entfernte Theilung abspiegeln, deren Bild dann wieder durch ein Fernrohr beobachtet wurde. Diese Einrichtung, welche Gauss und Weber bei ihren Untersuchungen über den Erdmagnetismus anwandten, ist auch auf unser Instrument übertragen. Statt der astatischen Doppelnadel wird ein Magnet aufgehängt, der entweder einen Spiegel trägt, oder an dem selbst eine spiegelnde Fläche geschliffen ist, es wird eine feste Theilung aufgestellt, und durch ein Fernrohr das Spiegelbild dieser Theilung abgelesen, welches einerseits durch die langen Schenkel des Winkels, andererseits durch die Vergrösserung des Fernrohrs bei äusserst kleinen Bewegungen sehr grosse, durch das Gesetz der Reflexion ohnehin verdoppelte Elongationen im Sehfelde des Fernrohrs macht. Der Magnet pflegt in einer kupfernen Hülse zu hängen, damit die Ströme, welche er in derselben inducirt, seiner jedesmaligen Schwingungsbewegung entgegenwirken und ihn dadurch früher in der neuen Gleichgewichtslage zur Ruhe kommen lassen. Dabei braucht man den zweiten Magnet, welcher den Erdmagnetismus compensirt, nicht mit dem aufgehängten Magnete in Verbindung zu bringen; man weist ihm seine Stellung fix, oder von unten nach oben verschiebbar darunter, oder in veränderlicher Lage und Entfernung seitlich an, und es ist du Bois gelungen, diesen Magnet auf eine solche Weise anzubringen, dass der schwebende Magnet möglichst bald zur Ruhe kommt. Er geht in der That direct in die neue Gleichgewichtslage über, ohne merkliche Schwingungen um dieselbe zu machen. Es beruht dies auf Anschauungen und Rechnungen, welche

ursprünglich von Gauss ausgegangen sind, aber deren praktische Consequenzen früher nicht zur Ausführung kamen.

Es ist die nach den soeben auseinandergesetzten Principien construirte Wiedemann'sche Bussole, welche jetzt am meisten bei electrischphysiologischen Arbeiten gebraucht wird. Es kommen aber bei ihr auch noch andere Mittel der Dämpfung in Anwendung. Die gewöhnlichste ist die Luftdämpfung. Der Magnet hängt so, dass der Abstand zwischen ihm und der Wand ein sehr geringer ist, und er deshalb bei seinen Schwingungen immer einen relativ grossen Luftwiderstand zu überwinden hat. Auch hängt man den Magneten in Glycerin auf, jedoch nur an Bussolen, die besonderen Zwecken dienen sollen. Eine wesentlich andere Bussole für schwache Ströme ist neuerlich von J. Rosenthal angegeben und im 23. Bande von Wiedemann's Annalen beschrieben worden.

Auch mit den Zuleitungsgefässen sind wesentliche Veränderungen vorgegangen. Es hat sich zunächst gezeigt, dass die Platinplatten mit Kochsalzlösung keineswegs die vortheilhafteste Combination waren, welche man anwenden konnte, es hat sich gezeigt, dass es vortheilhafter ist, statt des Platinbleches amalgamirtes Zinkblech anzuwenden, welches in eine concentrirte Lösung von Zinkvitriol taucht. Diese Combination hat den Vortheil, dass sich, wenn die Platten gut amalgamirt sind, von vorneherein keine redenswerthen Differenzen im Stromkreise zeigen; wenn man mit einem Papierbausch schliesst, der mit einer concentrirten Lösung von Zinkvitriol getränkt ist, so verändert die Nadel ihren Stand nicht. Zweitens aber erweisen sich solche Platten als unpolisirbar. Wenn man den Muskel aufgelegt hat, und man nimmt ihn fort, so sind die Platten in dem früheren Zustande, sie geben, wenn man jetzt mit einem mit Zinkvitriollösung durchfeuchteten Papierbausche schliesst, keinen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung.

Statt der mit Eiweiss getränkten Blasenstücke, durch die man sonst die thierischen Theile vor dem Angeätztwerden durch die Salzlösung der Bäusche schützte, wendet man jetzt vielfältig Thon an, welcher mit dreiviertelprocentiger Steinsalzlösung angeknetet ist. In solcher Lösung erhalten sich nach Kölliker's Erfahrung Muskeln und Nerven so lange leistungsfähig, wie in dem der Circulation beraubten Körper selber und werden demgemäss auch durch längere Berührung mit dem damit angekneteten Thone in ihren electromotorischen Eigenschaften nicht verändert.

Statt der in Thon- oder Glasgefässen stehenden Bleche wendet man jetzt meistens nach du Bois' Vorgang als Electroden Zinkgefässe an, die inwendig amalgamirt sind, und die mit concentrirter Lösung von Zinkvitriol gefüllt sind. Nur um an einzelne Stellen des Muskels besser herankommen zu können, benützt man noch Bleche, die dann, lang und schmal geschnitten, in entsprechend weiten, platten Glasröhren stecken, welche mit einer Zinkvitriollösung gefüllt sind. Vorn knetet man einen konischen Knopf aus Thon an, der mit verdünnter Kochsalzlösung angemacht ist. Indem diese Electroden mittelst Kugelgelenken frei im Raume beweglich gemacht werden, kann man ohne den Muskel selbst in seiner Lage zu verändern, hintereinander verschiedene Stellen seiner Oberfläche ableiten und so seinen electrischen Zustand innerhalb eines Gebietes

contrahirt man die Muskeln des einen Armes. Dadr ...ɜchl bedient Stromschwankung ein, und in Folge davon geht ...ıttelst Gyps in Körper, welcher in dem Arme, dessen Muskeln ... .ndig eingekittet und in dem Arme, dessen Muskeln nicht ... mit $\frac{1}{10}$procentiger woraus zu schliessen ist, dass im menschlic' Ruhe absteigt.

Spätere Modificatio... ...luskels.

...kels ist untersucht wor-

In späterer Zeit haben die A... ...:hen Multiplicatorversuche Versuchen dienen, mancherlei ... ...a der Multiplicator graduirt, hier sprechen muss, nachdem ... ...ant ist, etwas über die Stärke gesetzt habe, mit welcher ... ableiten kann. Wenn man aber versuche zuerst angestellt ... einen andern Strom compensirt, so sich einerseits auf den ... ...ie electromotorische Kraft des Muskels. gefässe. Beim Multi... ...trom durch dieselbe Leitung hindurchgeht, lenkungen nicht de... ...tände zu überwinden; es muss also auch die Gleichgewichtslag... ...raft des compensirenden Stromes gleich sein der des welche sie noch ... kann also auf dem Wege der Compensation die electro- könnte auch r... ...in den Muskeln bestimmen. Es hat sich in den hierauf stellen. Nu... ...Versuchen von du Bois gezeigt, dass sie gar nicht gering plicator v... ...trägt 0,08 von der electromotorischen Kraft eines Daniell- sind, s... ...mentes und kann sogar bei gewissen Anordnungen bis auf klein... ...Daniell steigen. Später hat Engelmann die electromotorische Kraft Bö... ...Muskels am Thomson'schen Quadrant-Electrometer direct bestimmt und er ist zu demselben Resultate wie du Bois gelangt.

Innere Vorgänge bei der Muskelcontraction.

Wir müssen jetzt noch einmal auf den Process der Muskelcontraction im Ganzen zurückgehen. Wir haben gesehen, dass der Muskel, indem er sich contrahirt, einer neuen Gleichgewichtsfigur zustrebt, und zwar in der Weise, dass die einzelnen sarcous elements kürzer und dicker werden durch eine veränderte Anordnung ihrer Theilchen. Wir haben gesehen, dass diese veränderte Anordnung der Theilchen durch eine Veränderung des electrischen Verhaltens des Muskels eingeleitet wird, durch die negative Stromschwankung. Wir haben weiter gesehen, dass durch die Muskelcontraction eine beträchtliche Arbeit geleistet werden kann. Da nun aber die Consistenz des erschlafften Muskels zeigt, dass in ihm keine mechanischen Spannkräfte angehäuft sind, so muss ein chemisches Aequivalent für die Arbeit vorhanden sein, das heisst es muss auf chemischem Wege die lebendige Kraft aufgebracht werden, welche die Arbeit repräsentirt.

Dass bei der Contraction ein chemischer Process in dem Muskel stattfindet, hat zuerst Helmholtz nachgewiesen indem er die tetanisirten und nicht tetanisirten Muskeln von Fröschen nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether auszog und zeigte, dass bei den tetanisirten das Wasserextract ab- und das Alkoholextract zugenommen hatte. Wir können auch jetzt nicht sagen, dass wir im Grossen und Ganzen eine Einsicht in die Natur dieses Processes haben, aber einzelne Thatsachen

bekannt. Bekannt ist uns nach den Versuchen von Nasse und ·ss, dass Glycogen bei der Muskelcontraction verbraucht wird. kannt, dass auch Zucker verbraucht wird, dass das Glycogen in Zucker umwandelt, sondern dass Milchsäure gebildet then auch, dass Inosit in Milchsäure umgewandelt wird. rst nachgewiesen, dass die Muskeln nicht nur beim rden, sondern dass sie auch sauer werden durch die nan einen lebenden Muskel sich oftmals hinterein- so nimmt er saure Reaction an, noch ehe er erner lassen die relativ grossen Mengen von gefunden hat, welche sich vor dem Tode rasch ontrahirt hatten, vermuthen, dass auch in den andtheilen des Muskels Wandlungen eintreten, wenn Umfange. Ausserdem ist es wohl keinem Zweifel unter- bei der Contraction und behufs der Contraction noch weitere Veränderungen im Muskel vor sich gehen, die wir bis jetzt kennen. Die vermehrte Kohlensäurebildung des thätigen Muskels enüber dem ruhenden deutet darauf hin, dass hier die wirksamen mischen Processe weiter fortschreiten, als wir sie bis jetzt verfolgt en. Es kann also bei der Muskelcontraction nicht nur Milchsäure ildet, sondern auch Milchsäure zerstört werden. Zu bemerken ist, der Muskel auch für eine Weile sich zu contrahiren und Kohlen- re zu bilden vermag in einem Medium, dem er keinen Sauerstoff nehmen kann.

Eine weitere Frage ist die, ob alle lebendige Kraft, welche hier gemacht wird, als Arbeit zum Vorscheine kommt, oder ob sie auch Wärme erscheint. Dass Wärme bei der Muskelcontraction gebildet d, hat Dutrochet und hat auch Helmholtz nachgewiesen, indem eine Kette aus Eisen und Neusilber construirte, deren einzelne Theile lauter dünnen Schienen bestanden, die er durch die Muskeln hin- chstecken konnte; er brachte dann die Muskeln zur Contraction und nte an dem entstehenden Thermostrome nachweisen, dass eine Tem- aturerhöhung stattfand. Es ist ferner bekannt, dass im Tetanus eine sehr bedeutende Erhöhung der Eigenwärme eintritt, und Billroth direct nachgewiesen, dass ein Theil dieser Wärme local in den con- hirten Muskeln gebildet wird, dass sich die Temperatur der Muskeln Tetanus und auch beim künstlichen Tetanisiren über die der übrigen ile erhöht. Also über das Factum, dass Wärme und zwar eine nicht eträchtliche Menge von Wärme bei der Muskelcontraction gebildet wird, kein Zweifel; aber diese Wärme hat möglicher Weise zweierlei llen. Sicher rührt sie zum grossen Theile her von Arbeit, welche erhalb des Muskels durch die Widerstände verbraucht wird. Wenn Muskel sich so weit contrahirt, dass er seine eigene Substanz zu- mendrückt, so erzeugt er dadurch auf mechanischem Wege Wärme, wenn er ein Gewicht hebt, so erzeugt er eine gewisse äussere eit, zugleich aber auch in seinem Innern secundär eine gewisse Quan- t von Wärme. Ausserdem ist es aber auch möglich, dass primär schon n chemischen Processe selbst nicht die ganze Quantität der leben- n Kraft als Arbeitskraft, sondern dass ein Theil derselben als Wärme Vorschein kommt. Eines können wir aber mit Gewissheit sagen,

von wenigen Quadratmillimetern erforschen. E. v. Fleischl bedient sich statt der Thonspitzen feiner Malerpinsel, welche mittelst Gyps in die mit Zinkvitriollösung gefüllten Glasröhren endständig eingekittet sind und welche, wenn man mit ihnen arbeiten will, mit $\frac{7}{10}$procentiger Kochsalzlösung getränkt werden.

Electromotorische Kraft des Muskels.

Auch die electromotorische Kraft des Muskels ist untersucht worden. Ueber sie erfährt man durch die einfachen Multiplicatorversuche nichts; man erfährt bestenfalls, wenn nämlich der Multiplicator graduirt, oder das Gesetz seiner Ablenkungen bekannt ist, etwas über die Stärke des Stromes, welchen man vom Muskel ableiten kann. Wenn man aber den Strom im Multiplicator durch einen andern Strom compensirt, so erfährt man auch etwas über die electromotorische Kraft des Muskels. Indem der compensirende Strom durch dieselbe Leitung hindurchgeht, hat er dieselben Widerstände zu überwinden; es muss also auch die electromotorische Kraft des compensirenden Stromes gleich sein der des compensirten. Ich kann also auf dem Wege der Compensation die electromotorische Kraft in den Muskeln bestimmen. Es hat sich in den hierauf gerichteten Versuchen von du Bois gezeigt, dass sie gar nicht gering ist, sie beträgt 0,08 von der electromotorischen Kraft eines Daniell-schen Elementes und kann sogar bei gewissen Anordnungen bis auf 0,14 Daniell steigen. Später hat Engelmann die electromotorische Kraft des Muskels am Thomson'schen Quadrant-Electrometer direct bestimmt und er ist zu demselben Resultate wie du Bois gelangt.

Innere Vorgänge bei der Muskelcontraction.

Wir müssen jetzt noch einmal auf den Process der Muskelcontraction im Ganzen zurückgehen. Wir haben gesehen, dass der Muskel, indem er sich contrahirt, einer neuen Gleichgewichtsfigur zustrebt, und zwar in der Weise, dass die einzelnen sarcous elements kürzer und dicker werden durch eine veränderte Anordnung ihrer Theilchen. Wir haben gesehen, dass diese veränderte Anordnung der Theilchen durch eine Veränderung des electrischen Verhaltens des Muskels eingeleitet wird, durch die negative Stromschwankung. Wir haben weiter gesehen, dass durch die Muskelcontraction eine beträchtliche Arbeit geleistet werden kann. Da nun aber die Consistenz des erschlafften Muskels zeigt, dass in ihm keine mechanischen Spannkräfte angehäuft sind, so muss ein chemisches Aequivalent für die Arbeit vorhanden sein, das heisst es muss auf chemischem Wege die lebendige Kraft aufgebracht werden, welche die Arbeit repräsentirt.

Dass bei der Contraction ein chemischer Process in dem Muskel stattfindet, hat zuerst Helmholtz nachgewiesen indem er die tetanisirten und nicht tetanisirten Muskeln von Fröschen nach einander mit Wasser, Alkohol und Aether auszog und zeigte, dass bei den tetanisirten das Wasserextract ab- und das Alkoholextract zugenommen hatte. Wir können auch jetzt nicht sagen, dass wir im Grossen und Ganzen eine Einsicht in die Natur dieses Processes haben, aber einzelne Thatsachen

sind uns bekannt. Bekannt ist uns nach den Versuchen von Nasse und von S. Weiss, dass Glycogen bei der Muskelcontraction verbraucht wird. Ferner ist bekannt, dass auch Zucker verbraucht wird, dass das Glycogen sich nicht blos in Zucker umwandelt, sondern dass Milchsäure gebildet wird. Wir vermuthen auch, dass Inosit in Milchsäure umgewandelt wird. Du Bois hat zuerst nachgewiesen, dass die Muskeln nicht nur beim Absterben sauer werden, sondern dass sie auch sauer werden durch die Contraction. Wenn man einen lebenden Muskel sich oftmals hintereinander contrahiren lässt, so nimmt er saure Reaction an, noch ehe er thatsächlich abstirbt. Ferner lassen die relativ grossen Mengen von Kreatin, die man in Muskeln gefunden hat, welche sich vor dem Tode rasch und oft hintereinander contrahirt hatten, vermuthen, dass auch in den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Muskels Wandlungen eintreten, wenn auch in geringem Umfange. Ausserdem ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, dass bei der Contraction und behufs der Contraction noch weitere chemische Veränderungen im Muskel vor sich gehen, die wir bis jetzt nicht kennen. Die vermehrte Kohlensäurebildung des thätigen Muskels gegenüber dem ruhenden deutet darauf hin, dass hier die wirksamen chemischen Processe weiter fortschreiten, als wir sie bis jetzt verfolgt haben. Es kann also bei der Muskelcontraction nicht nur Milchsäure gebildet, sondern auch Milchsäure zerstört werden. Zu bemerken ist, dass der Muskel auch für eine Weile sich zu contrahiren und Kohlensäure zu bilden vermag in einem Medium, dem er keinen Sauerstoff entnehmen kann.

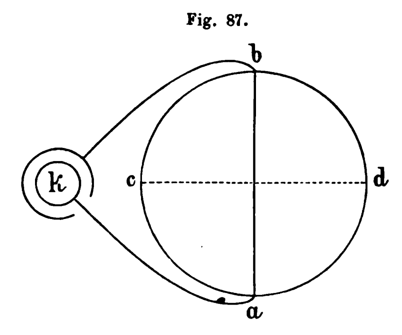
Eine weitere Frage ist die, ob alle lebendige Kraft, welche hier freigemacht wird, als Arbeit zum Vorscheine kommt, oder ob sie auch als Wärme erscheint. Dass Wärme bei der Muskelcontraction gebildet wird, hat Dutrochet und hat auch Helmholtz nachgewiesen, indem er eine Kette aus Eisen und Neusilber construirte, deren einzelne Theile aus lauter dünnen Schienen bestanden, die er durch die Muskeln hindurchstecken konnte; er brachte dann die Muskeln zur Contraction und konnte an dem entstehenden Thermostrome nachweisen, dass eine Temperaturerhöhung stattfand. Es ist ferner bekannt, dass im Tetanus eine oft sehr bedeutende Erhöhung der Eigenwärme eintritt, und Billroth hat direct nachgewiesen, dass ein Theil dieser Wärme local in den contrahirten Muskeln gebildet wird, dass sich die Temperatur der Muskeln im Tetanus und auch beim künstlichen Tetanisiren über die der übrigen Theile erhöht. Also über das Factum, dass Wärme und zwar eine nicht unbeträchtliche Menge von Wärme bei der Muskelcontraction gebildet wird, ist kein Zweifel; aber diese Wärme hat möglicher Weise zweierlei Quellen. Sicher rührt sie zum grossen Theile her von Arbeit, welche innerhalb des Muskels durch die Widerstände verbraucht wird. Wenn ein Muskel sich so weit contrahirt, dass er seine eigene Substanz zusammendrückt, so erzeugt er dadurch auf mechanischem Wege Wärme, und wenn er ein Gewicht hebt, so erzeugt er eine gewisse äussere Arbeit, zugleich aber auch in seinem Innern secundär eine gewisse Quantität von Wärme. Ausserdem ist es aber auch möglich, dass primär schon beim chemischen Processe selbst nicht die ganze Quantität der lebendigen Kraft als Arbeitskraft, sondern dass ein Theil derselben als Wärme zum Vorschein kommt. Eines können wir aber mit Gewissheit sagen,

dass nicht umgekehrt Wärme, welche durch den chemischen Process gebildet wird, secundär in Bewegung umgesetzt wird; denn in den Muskeln fehlt jegliche Vorrichtung, durch welche Wärme in bewegende Kraft umgesetzt werden könnte.

Combinirte Bewegungen.

Wir haben früher gesehen, dass wir einen Muskel in dauernde Zusammenziehung versetzen, wenn wir ihm oder seinem Nerven in so rascher Aufeinanderfolge Reize zusenden, dass er in den Zwischenpausen nicht Zeit findet, zu erschlaffen. Wenden wir dies auf die willkürliche Action an, z. B. auf den Zustand in einem ausgestreckten Arme, der ein Gewicht hält, so dürfen wir uns nicht vorstellen, dass die Entladungen in allen Nervenenden der in Action tretenden Muskeln gleichzeitig erfolgen. Wenn diese Entladungen salvenartig erfolgten, so müsste man von enthäuteten willkürlich bewegten Thiermuskeln secundären Tetanus erhalten, wenn man auf sie den Nerven eines stromprüfenden Froschmuskels legt. Den aber erhält man nicht, sondern nur eine einmalige Zuckung und dann Stromabnahme, die sich, wie wir gesehen haben, auch beim Menschen am Multiplicator nachweisen lässt. Man hat freilich geglaubt diesen Grund beseitigen zu können. Prof. E. v. Fleischl hat ein Instrument, das Rheonom oder Orthorheonom erfunden, durch welches er die Stärke eines Stromes in ganz regelmässigem Wechsel mit beliebiger Steilheit auf und absteigen lassen kann. Mittelst desselben versetzt er Froschmuskeln in langsame Contractionen, die den willkürlichen Contractionen ähnlich sind und auch keinen secundären Tetanus verursachen. Man hat also gesagt: Es ist dies eine besondere Art von Reizen, und ähnliche Reize können es auch sein, welche im lebenden Körper die willkürlichen Bewegungen veranlassen. Es ist aber nicht bewiesen, dass nicht, wie dies leicht möglich ist, der besondere Erfolg der Rheonomreize eben daran seinen Grund hat, dass wegen des allmälichen Ansteigens des Reizstromes die Fasern des Nervenstammes nicht gleichzeitig, sondern je nach ihrer Erregbarkeit nacheinander so weit erregt werden, dass sie in den Muskelfasern, zu denen sie hingehen, Contraction hervorrufen. Da das Orthorheonom ein für experimentelle Untersuchungen wesentlicher Apparat ist, so will ich das Princip desselben kurz auseinander setzen. Man denke sich einen geschlossenen Kreis (Fig. 87), in welchem der Strom der Kette K bei a eintritt und in dem gegenüber liegenden Punkte b austritt. Verbinde ich nun a und b durch einen Leiter, so wird noch ein Theil des Stromes durch die Hälften des Kreises, ein anderer aber durch den hinübergebrückten Leiter gehen. Denke ich mir dagegen den Leiter in die Lage $c\,d$ gebracht, so wird durch ihn, vorausgesetzt, dass der Widerstand in allen Theilen des Kreises $a\,c\,d\,b$ der gleiche ist, kein Strom gehen. Wird er in derselben

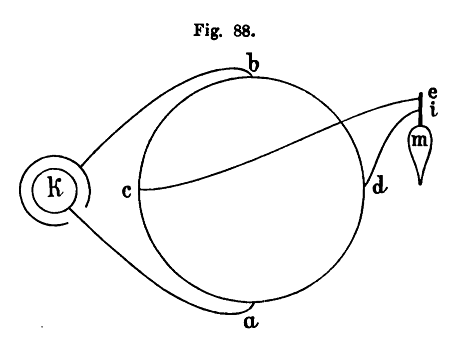
Fig. 87.



Richtung weiter gedreht bis er in die Lage *ba* kommt, so wird ein Strom durch ihn hindurchgehen, von derselben Stärke wie der, welcher durch ihn hindurchging als er in der Lage *ab* war, aber von entgegengesetzter Richtung. Wird er endlich durch den letzten Quadranten hindurchgedreht bis er in die Lage *dc* kommt, so wird die Stromintensität in ihm wieder auf Null herabsinken. Der Leiter ist eine sogenannte Wheatstone'sche Brücke. Denke ich mir dieselbe rotirend um eine im Centrum des Kreises senkrecht auf dessen Ebene errichtete Axe, so wird der Strom in ihr linear hin und her schwanken zwischen der Intensität Null und dem Maximum, welches er erreicht, wenn sie in die Lage *ab* kommt, und zwar abwechselnd in der einen und der anderen Richtung.

Ich kann nun dieser Brücke eine andere Gestalt geben. *ce* und *di* seine Leitungen, welche zu dem Nerven des Muskels *m* führen, dann ist *ceid* die Wheatstone'sche Brücke. Auch jetzt wird in ihr ein Strom existiren, wenn von irgend welchen anderen Punkten als von *c* und *d* abgeleitet wird; nur muss man dafür sorgen, dass jetzt der Kreis *acbd* einen hinreichend grossen Widerstand biete. E. v. Fleischl hat concentrirte Zinksulfatlösung gewählt, die sich in einer Kreisrinne aus Hartgummi befindet. Aus ihr leitet er, um die Polarisation möglichst gering zu machen, mittelst zweier amalgamirter Zinkschwerter, welche die Enden der Brücke bilden, ab. Wenn dieselben rotiren, bekommt er für die Intensitätskurve des Brückenstromes auf- und absteigende Zacken, die im allgemeinen geradlinig begrenzt sind, nur erfolgt das Ansteigen und Abfallen in der Nähe der Gipfel um ein geringes langsamer. Die Höhe und die Steilheit der Zacken hängen natürlich von der Stärke des Stromes im Maximum und von der Geschwindigkeit der Rotation ab. Es lässt sich wohl denken, dass die Zeit, in welcher die Erregung in der einzelnen Nervenfaser bis zur Auslösung einer Contraction in ihren Muskelfasern anwächst, von ihrer Erregbarkeit abhängt, und es ist wenig wahrscheinlich, dass diese Erregbarkeit in allen Fasern eines Stammes stets gleich gross sei. Wir haben uns also vorläufig noch vorzustellen, dass wir ein Pelotonfeuer von Entladungen in die Muskeln senden. Zur Regulirung der Bewegung kann Veränderung in der Häufigkeit und Veränderung in der Stärke der einzelnen Entladungen dienen. Erstere ist ein Regulirungsmittel, weil rasch aufeinanderfolgende Contractionen sich zusammensetzen, indem die zweite den Muskel noch im verkürzten Zustande vorfindet. Auf der Abschwächung der Entladungen beruht, wie man leicht einsieht, die Möglichkeit, auch bei geringen Widerständen noch langsame Bewegungen auszuführen. Wir haben S. 515 gesehen, dass die absolute Geschwindigkeit, mit der sich der Muskel bewegt, abnimmt, wenn die Grösse des Reizes unter eine gewisse Grenze gesunken ist und dann noch weiter herabgesetzt wird. Diese beiden

Fig. 88.



Regulirungsmittel sind aber nicht die einzigen. Ein drittes besteht darin, dass wir, wo uns die gegebenen Widerstände nicht auszureichen scheinen, künstliche Widerstände schaffen, indem wir Antagonisten der arbeitenden Muskeln gleichzeitig in entsprechende Action versetzen. Unter gewissen Umständen kann man diese Action direct wahrnehmen.

Man verdecke die Fenster eines Zimmers bis auf eine Oeffnung von $\frac{1}{2}$ bis 1 Quadratschuh, je nach der Helligkeit, die draussen herrscht. Dann sind Gegenstände oder Personen, die sich der Fensteröffnung gegenüber befinden, noch kräftig beleuchtet, aber ihre Körperschatten setzen sich dunkel gegen die dem Lichte zugewendeten Partien ab, weil die Menge des diffusen Lichtes, das von den Wänden und von der Decke zurückgeworfen wird, bedeutend vermindert worden ist. In einem solchen Raum stelle man sich einen nicht fetten, muskulösen Mann, bei dem das Spiel der Muskeln unter der Haut gut gesehen wird, mit entblösstem Arm gegenüber. Man lasse ihn den Arm im Ellbogengelenk bis etwa 90 Grad beugen und in eine solche Lage bringen, dass die ganz geöffnete Hand mit nach oben gewendetem Daumen frei vor der Regio epigastrica schwebt. Der Vorderarm, dessen Streckseite dem Beobachter zugewendet ist, muss dabei so beleuchtet sein, dass sich alle Muskelbewegungen unter der Haut durch Veränderung von Licht und Schatten möglichst stark markiren. Nun lasse man den Mann die Hand, nicht die Finger, abwechselnd langsam beugen und strecken. Man wird dann während der Beugebewegung ein leichtes Flimmern an der Haut der Streckseite beobachten, von welchem es sofort deutlich ist, dass es von den unter der Haut liegenden Muskeln herrührt. Führt man dieselbe Streck- und Beugebewegung aus, indem man die Hand des Mannes ergreift und führt, während er der Bewegung keinerlei Widerstand entgegensetzt, so bemerkt man nichts von einem solchen Flimmern.

Dieselbe Erscheinung kann man unter analogen Umständen auch an der vorderen äusseren Seite des Unterschenkels sehen. Der Beugebewegung der Hand entspricht hier das Nachabwärtsstrecken des Metatarsus mit gestreckten Zehen.

Hier habe ich auch ein Flimmern beobachtet, wenn eine Streckbewegung im anatomischen Sinne des Wortes, das heisst ein Heben des Metatarsus und der Zehen gegen den Unterschenkel langsam, aber nahe bis zur Grenze des Möglichen ausgeführt wurde. Es liegt hierin ein objectiver Beweis, dass in den arbeitenden Muskeln die Thätigkeit eine discontinuirliche ist, wenn auch nicht unter allen Umständen die Bedingungen günstig sind, um die Discontinuität der Entladungen wahrzunehmen.

Es zeigt sich auch ein deutliches Flimmern da, wo der untere Theil des Vastus externus unter der Haut liegt, wenn mit leicht nach vorne gehobenem Beine das Kniegelenk langsam, aber so weit als möglich gestreckt wird.

Machen wir nun bei allen langsamen Bewegungen Widerstände dadurch, dass wir Antagonisten der arbeitenden Muskeln in Thätigkeit setzen, oder geschieht dies nur dann, wenn die gegebenen Widerstände zu gering sind, um es uns leicht möglich zu machen, eine hinreichend langsame Bewegung mit hinreichender Sicherheit auszuführen, oder wenn Wirkungen gehemmt werden sollen, deren Resultat ausserhalb der

intendirten Bewegung liegt, z. B. die Beugung der Finger, wenn die langen Fingerbeuger bei der Beugung der Hand mithelfen, während die Finger gestreckt bleiben sollen?

Dass wir auch noch in anderen, als in den vorher erwähnten direct beobachteten Fällen Widerstände machen, kann kaum bezweifelt werden. Man blicke in einen Spiegel und fixire seine eigene Pupille im Spiegelbilde. Man wende dann den Kopf langsam hin und her. Man wird sich das Auge in der Lidspalte mit einer Sicherheit und Gleichmässigkeit bewegen sehen, dass man bei dem geringen Widerstande, den ein Leichenauge Bewegungsimpulsen entgegensetzt, kaum zweifeln kann, dass es sich hier um ein Zusammenwirken mehrerer, vielleicht aller Augenmuskeln handelt. Zu demselben Resultate kommen wir, wenn wir das Auge eines Menschen betrachten, der seinen Blick nacheinander auf verschiedene Gegenstände richtet, nur sind hier die Bewegungen rascher, und die Wirkung der Antagonisten zeigt sich zunächst in der Plötzlichkeit und Sicherheit, mit der der Bewegung Halt geboten wird. Auch kann man nicht zweifeln, dass beim Zeichnen, beim Geigen und anderswo, wo langsame Bewegungen unter geringem Widerstande mit grosser Präcision und scharf bestimmter Begrenzung ausgeführt werden sollen, mit den arbeitenden Muskeln zugleich die Antagonisten in Thätigkeit gesetzt werden.

Anders verhält es sich, wo grosse gegebene Widerstände vorhanden sind, die mit Anstrengung überwunden werden müssen.

Will man sich hier eine Ueberzeugung verschaffen, so muss man möglichst einfache Beispiele wählen. Bei bedeutenden Anstrengungen ziehen sich nicht nur die Muskeln zusammen, welche nach dem anatomischen Schema die Bewegung ausführen sollen, sondern auch andere, theils weil sie, obwohl der Hauptsache nach anderen Bewegungen dienend, doch mit einer Componente für die in Rede stehende Bewegung wirksam sein können, theils weil sie die zu bewegenden Körpertheile in ihrer Lage gegen einander fixiren müssen, weil sie Fascien oder Schleimbeutel spannen u. s. w. und es kann schwierig sein, in einer complicirten Action, bei der zahlreiche Muskeln in Thätigkeit kommen, die Rolle jedes einzelnen sicher zu beurtheilen.

Ich stelle mich vor einen Schrank oder einen Thürstock und lehne mich an denselben durch Anlegen des unteren Endes der Ulna, während der Oberarm sagittal in horizontaler Ebene, der Vorderarm frontal in horizontaler Ebene gestellt und die Hand pronirt ist. Nun stemme ich mich durch Strecken des Ellenbogengelenkes von dem Gegenstande ab.

Der Biceps brachii bleibt vollständig erschlafft und auch am Brachialis internus ist keinerlei Contraction fühlbar.

Da der Biceps brachii nicht reiner Beuger, sondern zugleich Supinator ist, und der Brachialis internus weniger günstig für das Getast liegt, so suchte ich noch nach einem anderen Beispiele. Der Abductor digiti indicis ist besonders leicht und sicher zu tasten. Ich lege den Zeigefinger mit seinen zwei Gelenken, gleichviel ob gerade oder gebeugt, auf den Rand der Tischplatte und mache oder intendire eine Adductionsbewegung, während ich andererseits durch die Muskeln des Armes die Hand mit einiger Kraft herabdrücke. Der Abductor bleibt vollständig

weich und es zeigt sich in ihm keine Spur von einer Contractionsbewegung.

Ich komme also zu dem Resultate, dass Widerstände nur gemacht werden, wenn die gegebenen Widerstände nicht ausreichen, damit durch blosse Regulirung der willkürlichen Entladungen eine hinreichend langsame, hinreichend gleichmässige und hinreichend präcis begrenzte Bewegung erzielt werde.

Was geschieht, wenn die Summe der gegebenen Widerstände negativ ist? Was geschieht, wenn wir z. B. den ausgestreckten Arm, der beim Nachlassen aller Muskelcontraction plötzlich herabfallen würde, allmälig herabsinken lassen? Die Antwort darauf ist leicht gefunden, wenn wir von dem Zustande ausgehen, in welchem der ausgestreckte Arm in seiner Lage erhalten wurde. Wir haben uns dann nur vorzustellen, dass die Impulse in den Muskeln, welche ihn in seiner Lage erhalten, allmälig schwächer, vielleicht auch seltener werden. Die Folge muss das allmälige Herabsinken des Armes sein.

Jeder Gegenstand, der durch einen Muskel schwebend erhalten wird, sei es der eigene Arm, oder sei es ein angehängtes Gewicht, verhält sich ähnlich wie eine Kugel, die vom Strahle eines Springbrunnens getragen wird. Werden die nach aufwärts treibenden oder ziehenden Impulse stärker, so tritt Steigen ein, werden sie schwächer, Sinken.

Welche Rolle die Widerstände spielen, davon kann man sich auch durch electrische Reizung am lebenden Menschen überzeugen. Wenn wir den Schlittenelectromotor anwenden und die weit von einander entfernten Spiralen in kleinen Schritten nähern, so finden wir, dass die Contractionen anfangs keineswegs rasch sind, selbst wenn wir ihnen keinen willkürlichen Widerstand entgegensetzen, also nur die gegebenen Widerstände in Betracht kommen. Erst bei weiterer Annäherung der Spiralen an einander beschleunigen sie sich. Auch dann können wir sie noch durch willkürliche Action vollständig auf Null reduciren oder doch ihre Geschwindigkeit bedeutend vermindern, bis endlich bei noch weiterer Annäherung der Rollen der Widerstand mehr und mehr vergeblich wird. Und doch werden bei dieser Art von Versuchen, in dem ersten Stadium, d. h. bei den weiteren Rollenabständen, nur die Nerven in den Muskeln, nicht die Muskeln selbst, gereizt. In Muskeln, deren Nerven degenerirt sind, rufen Inductionsströme von dieser Stärke noch gar keine Contraction hervor, während die eigene Muskelreizbarkeit nicht herabgesetzt, sondern, wie bekannt, meistens sogar erhöht ist.

Auch plötzliche Stoss- und Wurfbewegungen, bei denen die Antagonisten völlig erschlafft sind, können, wenn sie kraftvoll entwickelt sein sollen, nicht durch einmaligen Impuls erzeugt werden, sondern durch eine Reihe von rasch auf einander folgenden Impulsen, deren Wirkungen sich nach dem erwähnten von Helmholtz zuerst dargelegten Principe der Addition summiren.

Bei dem Zusammenwirken der Muskeln zu combinirten Bewegungen gilt das allgemeine Gesetz, dass, wenn irgend eine wesentliche Anstrengung gemacht werden soll, nicht nur diejenigen Muskeln, welche direct und auf dem kürzesten Wege die betreffende Bewegung zu Stande bringen, wirksam sind, sondern dass auch alle diejenigen Muskeln mitwirken, welche etwas zum Zustandekommen der Bewegung beitragen können.

Die Ermüdung eines Muskels, welche ihn unfähig macht zu weiteren Leistungen, beruht auf dem Verbrauch von nutzbarem Material und auf der Anhäufung von Zersetzungsproducten, welche bei der Contraction in dem Muskel entstehen; je grösser also die Summe der Muskeln ist, auf welche sich die Arbeit vertheilt, um so später tritt der Moment ein, wo der Materialverbrauch so weit vorgeschritten ist, und die Anhäufung der Zersetzungsproducte einen solchen Grad erreicht hat, dass dadurch die Muskeln leistungsunfähig werden. Wo deshalb der menschliche oder thierische Körper Arbeit leisten soll, und zwar Arbeit an künstlichen Vorrichtungen, an Maschinen, ist immer darauf zu achten, dass die Maschinen so eingerichtet sind, dass er mit möglichst vielen Muskeln an denselben arbeitet, dass er mit verschiedenen Theilen seines Körpers bei der Arbeit in Thätigkeit sein kann. Es ist das z. B. der Grund, warum die alte Häckselschneidmaschine durch die neueren Maschinen, bei denen ein Rad gedreht wird, noch nicht verdrängt worden ist, denn bei den neueren Maschinen concentrirt sich die Arbeit auf den Arm, der das Rad dreht; bei der alten Maschine aber arbeitet man mit dem linken Arme, indem man das Stroh mittelst der Gabel vorschiebt, mit dem rechten Arme, indem man das Messer führt, und mit dem einen Beine, beziehungsweise mit dem Gewichte seines Körpers, indem man das Trittbrett heruntertritt.

Stehen, Gehen, Laufen.

Der Mensch leistet Arbeit, auch wenn er nicht fremde Massen bewegt, sondern nur seine eigene Masse; ja es bedarf einer gewissen Muskelthätigkeit, um überhaupt den eigenen Körper aufrecht zu erhalten. Wenn der menschliche Körper aufrecht stehen soll, so ist es nothwendig, dass sein Schwerpunkt unterstützt sei, das heisst, dass die sogenannte Schwerlinie, die Senkrechte, welche durch den Schwerpunkt des Körpers geht, in den Bereich seiner Unterstützungsfläche falle. Zweitens ist es aber auch nöthig, dass der Körper durch Muskelaction aufrecht erhalten werde; denn eine Leiche, wenn man sie auch so aufstellte, dass ihr Schwerpunkt unterstützt sein würde, fällt zusammen, weil ihre Gelenke nachgeben. Die Gelenke, welche zunächst in Betracht kommen, sind das Sprunggelenk, das Kniegelenk, das Hüftgelenk; dann müssen auch der Kopf und die Wirbelsäule durch Muskelaction in ihrer Lage erhalten werden. Unter den genannten Gelenken sind aber zwei, bei welchen die Muskelaction bis zu einem gewissen Grade durch Bänder unnöthig gemacht wird; diese sind das Kniegelenk und das Hüftgelenk. Wenn Sie an einer Leiche das Kniegelenk strecken und dann weiter nach hinten durchzubiegen suchen, so werden Sie bald auf einen Widerstand kommen, welchen Sie nicht überwinden können. Dieser Widerstand wird hervorgebracht durch das Ligamentum cruciatum anticum, welches aus der Grube vor der Eminentia intercondyloidea entspringt, nach rückwärts zieht und sich am inneren Umfange des Condylus externus femoris festsetzt. Dieses Ligament ist erschlafft in gebogener Stellung des Knies; so wie das Knie gestreckt wird, spannt es sich an und hindert, dass das Kniegelenk über einen gewissen Grad hinaus gestreckt, richtiger

durchgebogen wird. Wenn also einmal das Kniegelenk so weit nach hinten durchgebogen ist, dass dieses Ligament gespannt ist, so bedarf es in aufrechter Stellung keiner Muskelaction mehr, um das Bein in dieser Lage gestreckt zu erhalten: denn die beiden Knochen stehen jetzt so, dass sie bereits einen Winkel nach hinten machen, dass sie also von oben belastet nicht mehr nach vorn ausweichen können. Etwas Aehnliches findet im Hüftgelenke statt. Sie wissen, dass, wenn Sie das gestreckte Hüftgelenk nach vorne durchbiegen wollen, dies nur bis zu einem gewissen Grade möglich ist: wenn Sie das Bein weiter nach hinten bringen wollen, so müssen Sie den Körper nach vorn überneigen, Das geschieht deshalb, weil jetzt schon das Ligamentum ileofemorale gespannt ist, welches vom oberen Pfannenrande und über demselben unter der Spina ossis ilei anterior inferior entspringt, vor dem Gelenkskopfe nach abwärts geht und sich mit divergirenden Fasern an der Linea intertrochanterica anterior anheftet. Wenn Sie also auf beiden gestreckten Beinen stehend das Becken so weit nach vorn bringen, dass dieses Ligament auf beiden Seiten ausgespannt wird, wenn Sie ferner das Kniegelenk so weit nach hinten durchbiegen, dass das Ligamentum cruciatum anticum angespannt wird, so bedürfen Sie weiter keiner Muskelaction, um den Körper in diesen Gelenken aufrecht zu erhalten. G. H. Meyer sagt deshalb mit Recht, dass der Rumpf beim ruhigen und möglichst passiven Stehen am Ligamentum ileofemorale gewissermassen aufgehängt sei.

Beim Stehen auf beiden Füssen fällt die Schwerlinie zwischen die beiden Füsse. So lange sie sich hier befindet, kann ich kein Bein vom Boden aufheben, denn sobald ich einen Fuss vom Boden aufheben sollte, würde mein Schwerpunkt nicht mehr unterstützt sein, ich würde nach der betreffenden Seite herüberfallen. Wenn ich aber den Körper so weit auf eine Seite herüberbringe, dass die Schwerlinie nicht mehr zwischen beide Füsse, sondern in die Sohle eines Fusses fällt; so kann ich nun das andere Bein aufheben, es wird für die Bewegung frei. In solcher Stellung unterscheidet man das eine Bein, das, in dessen Sohle die Schwerlinie fällt, als das Standbein, das andere, welches frei ist für die Bewegung, welches nicht mehr zur Unterstützung des Körpers dient, als das Spielbein. Wenn Sie den Körper so weit nach vorwärts neigen, dass die Schwerlinie den Ballen des Standbeins passirt, so würden Sie, wenn Sie noch weiter nach vorn gehen, nicht mehr unterstützt sein, wenigstens würden Sie darauf angewiesen sein, sich mühselig mit Ihren Zehen zu unterstützen: wenn Sie aber das Spielbein in diesem Augenblicke vom Boden lösen, so schwingt es, da es im Hüftgelenke frei beweglich ist, nach den Pendelgesetzen nach vorwärts, und wenn Sie es in seiner Elongation nach vorwärts auf den Boden setzen, so gewinnen Sie dadurch einen neuen Stützpunkt; Sie sind nach vorwärts gefallen, aber zum Glück auf Ihre eigenen Füsse oder vielmehr auf das neue Standbein. Jetzt machen Sie das Bein, welches früher Standbein war, zum Spielbeine, Sie neigen sich wieder nach vorn, so dass die Schwerlinie den Ballen des Fusses passirt, Sie lassen das andere Bein nach vorwärts schwingen, setzen es auf, gewinnen einen neuen Stützpunkt u. s. w. Das ist die Mechanik des Gehens.

Das Gehen ist also gewissermassen ein fortwährendes Fallen nach vorn, was immer dadurch verhindert wird, dass das vorwärtsschwingende Bein einen neuen Stützpunkt gewinnt. Das Bein schwingt dabei nach den Pendelgesetzen und jeder Mensch hat deshalb eine natürliche Schrittdauer, welche der Länge seiner Beine entspricht. Es geht daraus hervor, dass die Schrittdauer der langbeinigen Individuen grösser ist als die der kurzbeinigen, und letztere deshalb durch die grössere Anzahl der Schritte, welche sie in der Zeiteinheit machen, einigermassen die grössere Schrittlänge der langbeinigen Individuen compensiren. Es geht ferner daraus hervor, dass zum Gehen das Minimum der Muskelaction nöthig ist, wenn man in seiner natürlichen, durch die Länge der Beine bedingten Schrittdauer geht. Das ist der Grund, warum man die Soldaten bei grösseren Märschen nicht im Tritt gehen lässt. Sie würden viel früher ermüden, weil sie dabei Muskelanstrengungen zu Actionen brauchten, welche, wenn jeder nach seiner natürlichen Schrittdauer geht, ganz ohne Muskelanstrengung, einfach nach den Pendelgesetzen von Statten gehen. Wenn deshalb ein Individuum schnell gehen will, so muss sein Gang durch Muskelaction beschleunigt werden: es kann ihn aber auch bis zu einem gewissen Grade ohne Muskelanstrengung beschleunigen, indem es die Beine in den Knien krümmt, sie beim Schreiten nicht ganz streckt. Dadurch wird das schwingende Pendel verkürzt und zugleich kann dabei das schreitende Bein noch weit ausgreifen. Das ist der Gang, welcher aus Gewohnheit bei Individuen entsteht, welche viel und rasch in den Strassen gehen müssen, bei Briefträgern, Barbieren u. s. w.

Das Laufen unterscheidet sich vom Gehen nicht durch die Geschwindigkeit der Fortbewegung; man kann sehr langsam laufen und sehr schnell gehen. Das Gehen unterscheidet sich vom Laufen dadurch, dass beim Gehen noch immer ein Stützpunkt vorhanden ist, dass nicht beide Füsse gleichzeitig vom Boden gelöst werden, während beim Laufen der Körper vom Boden abgeschnellt wird. Der Körper schwebt also beim Laufen einen Moment in der Luft, ehe das zweite Bein wiederum den Boden berührt hat. Wenn man hiebei seinen Körper nicht nach vorn wirft, so kommt man gar nicht vom Fleck und kann so die Bewegung des Laufens an Ort und Stelle machen; man kommt nur vorwärts in dem Grade, als man seinen Körper nach vorne überneigt, um seinen Schwerpunkt nach vorn zu bringen. Wenn man sich nämlich abschnellt, während der Schwerpunkt unterstützt ist, so schnellt man sich gerade nach aufwärts, wenn man aber den Körper so vornübergeneigt hat, dass der Schwerpunkt nicht unterstützt ist, so schnellt man sich durch das Standbein schräg nach aufwärts und vorwärts, und nun wird, während der Körper in der Luft schwebt, das Spielbein nach vorn geworfen und dadurch eine bedeutende Schrittweite und eine schnelle Locomotion erlangt. Die Brüder W. und E. H. Weber, welche ein ausgezeichnetes Werk über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge geschrieben haben, haben gehende und laufende Menschen, gehende Beine und laufende Beine, in den verschiedenen Phasen des Schrittes nach genauen Beobachtungen und Messungen dargestellt.

Was wir eben beim Laufen kennen gelernt haben, ist auch auf das Springen anwendbar. Ein Individuum, welches einfach in die Höhe springen will, ohne vom Fleck zu kommen, beugt die unteren Extremitäten

im Hüftgelenke, im Kniegelenke und im Sprunggelenke, wobei es seine Schwerlinie zwischen die Ballen der Füsse fallen lässt, und wenn es jetzt alle Gelenke streckt, wird es gerade in die Höhe geschnellt. Wenn dagegen der Schwerpunkt so gelegen hätte, dass das Individuum, wenn es nicht gesprungen wäre, vornübergefallen wäre, und es schnellt sich jetzt ab, indem es die Gelenke streckt, so wird es nicht gerade nach aufwärts, sondern schräg nach oben und vorn geschnellt, und je stärker die Neigung ist, desto grösser wird die Sprungweite, desto grösser wird die translatorische Geschwindigkeit, die Anfangsgeschwindigkeit der Bewegung in horizontaler Richtung. Die Bewegung in horizontaler Richtung kann ferner nach dem Gesetze der Trägheit noch dadurch verstärkt werden, dass das Individuum seinem Körper vorher schon eine gewisse Geschwindigkeit in horizontaler Richtung gibt, was es dadurch hervorbringt, dass es einen Anlauf nimmt, ehe es springt.

Locomotion der Thiere.

Die Locomotion der Thiere mit vier Extremitäten ist viel complicirter. Wir wollen hier ganz absehen von den niederen Wirbelthieren, wir wollen nur von den Säugethieren sprechen, namentlich von solchen, welche uns durch ihre Locomotion dienstbar sind.

Bei diesen unterscheidet man den einfachen Schritt, eine Gangart, in vier Tempi. Bei diesem Gange wird erst der eine Vorderfuss, dann der demselben diagonal gegenüberliegende Hinterfuss, dann der andere Vorderfuss und dann der diesem diagonal gegenüberliegende Hinterfuss bewegt. Verschieden davon ist der Pass, der darin besteht, dass zwei Extremitäten derselben Seite gleichzeitig nach vorwärts gesetzt werden. Es muss hier, ähnlich wie dies auch in grösserem oder geringerem Grade beim Menschen stattfindet, eine seitliche Bewegung gemacht werden, da einmal die Extremitäten der einen Seite, das andere Mal die Extremitäten der anderen Seite als Stützpunkte dienen. Der Körper des Thieres bewegt sich also nicht in gerader Richtung nach vorwärts, sondern er macht Bewegungen hin und her. Diese Gangart ist bei einzelnen Thieren, wie bei den Giraffen, die natürliche, andere verfallen in dieselbe, wenn sie sich schneller fortbewegen wollen. Auch Elefanten und Kameele sind Passgänger. Bei den Pferden sieht man das Passgehen bei uns als eine Unart an, die man ihnen abzugewöhnen sucht. Die südamerikanischen Landleute, die wegen des Mangels an Landstrassen noch viel zu Pferde reisen, sind darüber anderer Meinung: sie gewöhnen ihren Pferden geflissentlich den Pass an, weil sie damit ziemlich schnell fortkommen, und weil die Bewegung eine für den Reiter weniger angreifende ist, als wenn die Thiere im Trabe gehen.

Der Trab ist eine Gangart, welche nicht mehr dem Gehen, sondern dem Laufen des Menschen entspricht. Es werden darin die Beine diagonal zusammengeordnet vorwärts gesetzt in zwei Tempi, dabei aber stösst sich das Thier vom Boden ab. Beim Trabe weicht der Körper des Thieres nicht seitlich aus, sondern er macht Bewegungen von oben nach unten, und daher kommt die unangenehme stossende Bewegung des Trabes.

Der Galopp ist eine Gangart in drei Tempi, indem das Thier erst das eine Vorderbein und dann das andere Vorderbein aufhebt, sich auf die Hinterbeine aufstemmt, sich dann mit den Hinterbeinen abstösst und nun die Vorderbeine in derselben Reihenfolge niedersetzt, in der dieselben erhoben wurden. Die Gangart ist insofern als eine natürliche zu betrachten, als man sie schon an jungen Pferden in der Koppel sieht: andererseits wird sie wegen ihrer Eleganz an den Pferden durch künstliche Dressur besonders entwickelt.

Wenn das Pferd sich mit möglichster Geschwindigkeit fortbewegen will, so verfällt es in den sogenannten gestreckten Galopp. Das ist wiederum eine Gangart in zwei Tempi, bei welcher sich das Thier, nachdem es die Vorderfüsse gehoben, mit den Hinterbeinen vom Boden abstösst, dann mit den Vorderbeinen aufschlägt, sich mit denselben wiederum vom Boden abstösst und die Hinterbeine nach vorn wirft und dabei solche Sprünge macht, dass es sehr häufig die Hinterbeine vor den Stellen aufsetzt, von denen es mit den Vorderbeinen abgestossen hat. Es ist dies die schnellste Gangart, bei der gute Rennpferde sich mit einer Geschwindigkeit von 80 Fuss in der Secunde fortbewegen, also mit einer Geschwindigkeit, wie sie bei uns als mittlere Geschwindigkeit nur die stärksten Gewitterstürme haben. Es ist dies überhaupt diejenige Gangart, in welche die meisten Säugethiere verfallen, wenn sie gejagt werden, wenn sie sich durch Flucht ihren Verfolgern entziehen wollen.

Wenn ein Arbeitsthier durch Zug wirkt, so kann man es dabei betrachten als ein in seinen Winkeln bewegliches Parallelogramm, dessen Grundlinie am Boden liegt, dessen beide absteigenden Seiten durch die Extremitäten des Thieres dargestellt werden, und dessen obere Parallele dargestellt wird durch den Rumpf des Thieres. Wenn man sich ein solches Parallelogramm in seiner oberen Parallele belastet denkt, und wenn Sie sich die durch die Beine dargestellten Parallelen nicht senkrecht, sondern schräg von oben und vorn nach unten und hinten gerichtet denken, so wird die belastete obere Parallele, also der Rumpf des Thieres, durch die Last nach vorn gedrängt werden. Denken Sie sich ihn mit einer Last, welche fortzubewegen ist, z. B. mit einem Wagen verbunden, so wird dieser fortgezogen werden. Diese Bewegung erzeugt sich dadurch immer von neuem, dass die Beine immer wieder nach vorwärts gesetzt und durch Muskelaction gerade gerichtet, gestreckt werden, also Schritt für Schritt das Parallelogramm immer wieder von Neuem aufgebaut wird.

Dieser Vergleich mit dem Parallelogramme lehrt, wesshalb bei einem Zugthiere das absolute Gewicht des Körpers so sehr in Betracht kommt. Es ist allgemein bekannt, dass für den schweren Zug auch schwere Thiere gebraucht werden, und man bringt das gewöhnlich nur in Zusammenhang mit der grösseren Muskelkraft dieser schweren Thiere. Diese ist aber nicht allein von Bedeutung, sondern das schwere Pferd arbeitet im schweren Zuge unter viel günstigeren Verhältnissen als das leichte, weil es mit der Last seines eigenen Körpers am Zuge wirkt. Ein leichtes Pferd muss sich viel mehr nach vorwärts neigen, es muss viel mehr, wie die Fuhrleute sagen, lang werden, wenn es mit derselben Kraft ziehen soll, mit der ein schweres Pferd schon in einer ziemlich natürlichen und bequemen Stellung zieht.

Das Ziehen und Tragen des Menschen.

Die Vierfüssler ziehen beim Zuge wesentlichen Vortheil daraus, dass sie vier Stützpunkte haben; der Mensch ist wenig für den Zug geeignet, weil er nur zwei Stützpunkte hat, und sein Körper senkrecht auf diesen zwei Stützpunkten aufgebaut ist. Man sieht deshalb auch, dass Menschen, die an Handwagen ziehen, sich sehr stark vornüber neigen müssen, um nur eine mässige Last zu ziehen, dass sie schliesslich, wenn ihnen der Boden nicht sehr günstig ist, keinen Widerstand mehr finden, und in der That nicht mehr im Stande sind, den Wagen fortzubringen, ausgleiten, hinfallen u. s. w. Dagegen ist der Mensch seiner steil gestellten Wirbelsäule wegen sehr geeignet zum Tragen, und er trägt auch im Verhältniss zu seiner Muskelmasse sehr bedeutende Lasten. Ein kräftiger Mensch bringt eine Last, die ihm auf den Handwagen geladen ist, und welche er durch Zug an dem Handwagen nicht bergauf fördern kann, mit Leichtigkeit fort, wenn er einen Theil der Last auf die Schultern ladet und nun an dem Handwagen zieht. Der Grund ist einsichtlich: er hat das Gesammtgewicht seines Körpers, von dem die Reibung abhängt, vergrössert, er trägt die Last mit Leichtigkeit, und er hat jetzt die Last, welche er durch Zug fortbringen sollte, in entsprechender Weise vermindert.

Wenn ein Mensch eine Last trägt, so muss er, um überhaupt aufrecht zu bleiben, eine bestimmte Stellung einnehmen, welche verschieden ist, je nach der Art und Weise, wie er die Last trägt; denn sein Körper bildet ja jetzt mit der Last zusammen eine Masse, deren Schwerpunkt und Schwerlinie unterstützt sein muss. Wenn deshalb Jemand eine Last vor sich trägt, so muss er seinen Körper nach rückwärts neigen, wenn er sie auf dem Rücken trägt, so muss er sich nach vorwärts neigen, trägt er sie auf der einen Schulter, so muss er sich nach der andern Seite neigen.

Das Schwimmen.

Die Fortbewegung im Wasser ist für den Menschen bekanntlich eine angelernte Kunst. Er ist übrigens dafür in nicht so gar ungünstigen Verhältnissen. Das mittlere specifische Gewicht des Körpers ist etwas geringer als das des Wassers. Es ist das bei verschiedenen Menschen verschieden. Leute, welche feine Knochen, reichliches Fett und grosse Lungen haben, haben ein geringes mittleres specifisches Gewicht und können namentlich, wenn sie eingeathmet haben, auf dem Wasser liegen, so dass nicht nur das Gesicht, sondern noch ein beträchtlicher Theil des Körpers aus dem Wasser herausragt. Anders verhält es sich mit denjenigen, welche ein stark entwickeltes Knochensystem haben, dabei mager sind und kleine Lungen besitzen. Sie müssen grössere Anstrengungen machen, um sich nur mit ihrem Kopfe über Wasser zu erhalten. Das Schwimmen besteht in zweierlei: erstens in dem Haushalten mit dem Athem, so dass man immer eine möglichst grosse Luftmenge im Thorax hat, und deshalb das mittlere specifische Gewicht möglichst gering ist, und zweitens in der Locomotion, welche bekanntlich dadurch zu Wege gebracht wird, dass die oberen und die unteren Extremitäten gegen das Wasser mit mehr oder

weniger schiefer Fläche wirken und den Körper fortschieben. Diese Locomotion selbst dient aber mit dazu, den Körper am Untersinken zu hindern. Es gibt viele leidlich gute Schwimmer, welche gar nicht im Stande sind, ruhig auf dem Wasser zu liegen, welche sich immer nur durch die Locomotion selbst über Wasser halten, indem der Stoss nicht in horizontaler Richtung erfolgt, sondern schräg von vorn und oben nach hinten und unten; so dass er eine horizontale und eine verticale Componente hat. Die Letztere dient dazu, den Kopf ausser Wasser zu halten. Schwimmer, die in Flüssen schwimmen gelernt haben, und solche, welche im Meere schwimmen gelernt haben, unterscheiden sich wesentlich durch die Lage, welche sie im Wasser einzunehmen pflegen. Der Flussschwimmer, welcher nicht mit den Wellen zu kämpfen hat, liegt fast horizontal und schwimmt deshalb mit grosser Geschwindigkeit; der Schwimmer, der gewohnt ist, im Meere zu schwimmen, und der mit den Wellen zu kämpfen hat, liegt schräg im Wasser, damit er jedesmal durch einen Stoss sich über den Wellenkamm, soweit ihn derselbe nicht selber hebt, hinwegbringen kann.

Das Fliegen.

Zum Fliegen, zur Fortbewegung in der Luft ist der Mensch nicht geeignet. Es wird dies klar, wenn man den Flug der Vögel und den der Flatterthiere betrachtet. Diese erhalten sich dadurch in der Luft, dass sie, indem sie mit der Fläche ihrer Flügel auf die Luft drücken, sich in jedem Augenblicke ebenso viel oder mehr heben, als sie in derselben Zeit ohne ihre Action fallen würden. Ein Vogel, um sich zu heben, bringt seine Flügel halb geschlossen und zum geringen Widerstand gewendet nach oben, und dann schlägt er sie ausgebreitet im grossen Bogen nach abwärts, bringt sie wieder in der vorerwähnten Weise herauf u. s. f. Mit jedem Flügelschlage also hebt er sich um ein Stück. Man kann dies sehr gut an einer senkrecht aufsteigenden Lerche beobachten.

Wenn der Vogel schräg aufsteigt, ist er abhängig von der Windrichtung, er kann nur aufsteigen, wie dies ja längst jeder Jäger weiss, gegen den Wind, er kann nicht aufsteigen mit dem Winde, und zwar aus demselben Grunde, aus dem man einen Drachen immer nur gegen den Wind und niemals mit dem Winde auffrennen kann. Er bietet nämlich dem Winde eine schräge Fläche dar, trifft ihn der Wind von rückwärts, so drückt er ihn nieder und hindert ihn am Aufsteigen, trifft er ihn aber von vorn, so hebt er ihn. Man hat sich oft gewundert, dass Vögel mit ausgebreiteten Flügeln weite Strecken in der Luft fortschiessen, ja grosse Kreise beschreiben, fast ohne eine merkliche Bewegung zu machen. Das rührt aber nur daher, dass ein Körper, welcher in der Luft stabil ist, sehr langsam fällt, wenn er der Luft eine im Verhältniss zu seinem absoluten Gewichte sehr grosse Oberfläche darbietet. Man kann auch andere Körper, todte Körper, in der Luft durch Rotation stabil machen, und dann sieht man an ihnen ähnliche Erscheinungen, wie man sie an den fliegenden Vögeln wahrnehmen kann. Die Neuseeländer haben sich, um nach den Vögeln, die am Ufer schwärmen, zu jagen, ein eigenes Geschoss gemacht, welches, wenn es nicht getroffen hat, zum Schützen zurückkehrt; es ist dies das sogenannte Bumarang. Wenn man es zum

ersten Male werfen sieht, so ist man erstaunt, das Instrument schräg aufwärts in die Luft wirbeln, dann plötzlich still stehen und nun in einer nach oben concaven Curve zurückkehren zu sehen. Die Sache ist folgende. Das Bumarang ist eine über die Schärfe hyperbolisch gekrümmte, etwas weniger als handbreite Holzschiene. Diese fasst man an dem einen Ende, und nun wird sie schräg nach aufwärts geworfen, so dass sie in der Luft mit möglichster Geschwindigkeit rotirt. Sie steigt jetzt schräg auf in der Richtung, in welcher sie geworfen wurde, welche zugleich die ihrer eigenen Lage ist, so dass sie die Luft immer mit ihrer Schärfe trifft. Wenn sie ihre translatorische Geschwindigkeit schon verbraucht hat, hat sie ihre Rotationsgeschwindigkeit noch nicht verbraucht, sie rotirt noch immer, durch das Rotiren ist sie stabil, sie kann also jetzt nicht ohne weiteres herunterfallen, sondern, weil sie senkrecht zu ihrer Fläche der Luft einen grossen, und in der Richtung der Schärfe einen kleinen Widerstand bietet, fällt sie in dieser letzteren Richtung zurück und gelangt in die Nähe dessen, der sie geworfen hat. Die Bewegung nach aufwärts wird noch begünstigt, die nach abwärts verzögert dadurch, dass das Bumarang ganz wenig windschief ist und nun so geworfen wird, dass seine Bewegung eine aufstrebende Componente bekommt, die senkrecht auf der Ebene steht, in welcher es rotirt. Die Wirkung wird hier ganz nach demselben Principe erzielt, nach der ein Propeller sein Schiff vorwärts treibt. An den Bumarangs, die hier als Spielzeug verkauft werden, ist die windschiefe Biegung meist übertrieben. Sie wirbeln zwar jäh in die Höhe, sind aber ungeeignet für den Zweck, zu dem sie erfunden wurden.

Der Mensch ist deshalb ungeeignet zum Fliegen, weil er kein Paar von Flügeln mit seinen Brustmuskeln in hinreichend starke Bewegung versetzen könnte, um die bedeutende Last seines Körpers in die Luft hinauf zu heben. Schon unter den jetzt lebenden fliegenden Vögeln ist keiner von den Dimensionen und dem absoluten Gewichte des Menschen, und alle fliegenden Vögel haben eine starke Brustbeingräte und dem entsprechend entwickelt starke Brustmuskeln, wie solche dem Menschen nicht zukommen. Der Mensch würde also immer angewiesen sein, sich durch von anderweitigen Kräften getriebene Maschinen in die Luft heben zu lassen; diese selbst repräsentiren dann aber ein solches absolutes Gewicht, dass sie die Kraft nicht aufbringen können, um sich zu erheben, so dass bis jetzt dem Menschen das Erheben in die Luft nur mittelst des Luftballons möglich ist.

Stimme und Sprache.

Der Kehlkopf.

Zu den combinirten Bewegungen gehören auch die, welche der Stimme und Sprache dienen. Die menschliche Stimme wird hervorgebracht durch die Schwingungen zweier elastischer Membranen, welche man mit dem Namen der wahren Stimmbänder bezeichnet. Sie sind an einem knorpeligen Gerüste befestigt, dessen einzelne Theile durch Muskeln so bewegt werden, dass dadurch die beiden Membranen, die beiden

Stimmbänder, mit ihren Rändern einander genähert oder von einander entfernt werden, dass sie angespannt, dass sie erschlafft werden können u. s. w. Die Stimmbänder bestehen aus elastischen Fasern, untermischt mit Bindegewebe, und sind mit ihren vorderen Enden an den Schildknorpel zu beiden Seiten der Mittellinie desselben angeheftet; mit ihren hinteren Enden sind sie angeheftet an den Processus vocalis der Giessbeckenknorpel, welche ihrerseits eine Gelenkverbindung haben mit dem Ringknorpel, mit welchem auch der Schildknorpel Gelenkverbindung hat.

Die Stimmbänder werden dadurch angespannt, dass der Schildknorpel sich um eine Axe dreht, welche Sie sich durch seine unteren Hörner gelegt denken müssen. Wenn er sich um diese Axe in der Weise dreht, dass sein vorderer oberer Theil, derjenige, welcher den sogenannten Adamsapfel macht, nach vorn und nach abwärts gezogen wird, so wird dadurch die eine Anheftung des Stimmbandes von der andern entfernt und dadurch das Stimmband gespannt. Diese Bewegung wird ausgeführt durch einen Muskel, welcher zu beiden Seiten vom Ringknorpel entspringt und sich mit schräg nach aufwärts und rückwärts verlaufenden Fasern an den Schildknorpel ansetzt. Der Antagonist dieses Muskels ist ein Muskel, welcher zu beiden Seiten von der Innenfläche der Platte des Schildknorpels entspringt, nach aussen vom wahren Stimmband, neben demselben und mit demselben verbunden nach rückwärts verläuft und sich an den vorderen unteren Theil des Giessbeckenknorpels ansetzt. Dieser Muskel, der Thyreoarytaenoideus, kann die beiden Insertionen des wahren Stimmbandes einander nähern und die Stimmbänder abspannen, indem er den Schildknorpel um die vorerwähnte Axe so dreht, dass sein vorderer Theil nach rückwärts und nach oben rückt, vorausgesetzt, dass sein Antagonist, der Musculus cricothyreoideus, den Schildknorpel nicht in einer andern Lage fixirt erhält.

Die beiden Giessbeckenknorpel setzt ein ziemlich complicirter Muskelapparat in Bewegung, welcher besteht aus den Musc. arytaenoidei transversi und Musc. arytaenoidei obliqui, aus dem Cricoarytaenoideus posticus und lateralis und dem Thyreoarytaenoideus. Die Musc. arytaenoidei transversi liegen auf der concaven Rückseite der beiden Giessbeckenknorpel und spannen sich von dem äusseren Rande des einen Giessbeckenknorpels zum äusseren Rande des andern hinüber. Wenn sie sich also zusammenziehen, so haben sie zunächst die Wirkung, dass sie die beiden Giessbeckenknorpel einander nähern. Aehnliche Wirkung haben auch die Arytaenoidei obliqui, welche auf den Arytaenoidei transversi liegen. Indem sie vom unteren Winkel des einen Giessbeckenknorpels entspringen und zum oberen Ende des äusseren Randes des andern Giessbeckenknorpels hingehen, bilden sie ein liegendes Kreuz. Wenn diese Muskeln sich zusammenziehen, so nähern sich die beiden Giessbeckenknorpel einander. Sie haben dabei noch die specielle Wirkung, dass, wenn die oberen Enden der beiden Giessbeckenknorpel mit den auf ihnen sitzenden Santorinischen Knorpeln, den Cornua laryngis, sich von einander entfernt haben, sie dieselben einander wieder nähern und hierin mit dem oberen Theile des Arytaenoideus transversus zusammenwirken.

Wenn man den oberen Ansatz des Arytaenoideus obliquus verfolgt, so findet man, dass ein Theil seiner Fasern sich über den äusseren Rand des Giessbeckenknorpels fortsetzt in ein dünnes Band von Muskelfasern,

welches im Ligamentum aryepiglotticum zum Kehldeckel hingeht, und also, wenn es sich zusammenzieht, den Kehldeckel auf die Giessbeckenknorpel herunterzieht. Die Arytaenoidei obliqui und die beiden Musc. aryepiglottidei können Sie also zusammen als eine Schlinge ansehen, in welche die beiden Giessbeckenknorpel und die Epiglottis eingeschaltet sind. Wenn sich diese Schlinge zusammenzieht, schliesst sie den ganzen Kehlkopf zu, indem sie die beiden Giessbeckenknorpel an einander annähert und den Kehldeckel auf die Giessbeckenknorpel herunterzieht. Diese Schlinge, welche aus den beiden Arytaenoidei obliqui und den beiden Aryepiglottidei besteht, bildet also eine Art von Sphincter für den Kehlkopf.

Weniger einfach ist die Wirkung der M. cricoarytaenoidei postici und laterales. Der Cricoarytaenoideus posticus entspringt von der hinteren Fläche, von der Siegelplatte des Ringknorpels und setzt sich an den Processus muscularis des Giessbeckenknorpels an. Der M. cricoarytaenoideus lateralis entspringt von der Seitenfläche des Ringknorpels und geht schräg nach hinten und aufwärts laufend gleichfalls an den Processus muscularis des Giessbeckenknorpels. Der eine liegt also der Hauptmasse nach in einer Ebene, welche senkrecht steht auf der Mittelebene des Körpers, und der andere, der Cricoarytaenoideus lateralis, liegt wesentlich in einer Ebene, welche parallel steht mit der Mittelebene des Körpers. Denken Sie sich die Projection auf eine horizontale Ebene gemacht, so finden Sie also, dass die horizontalen Componenten der Zugwirkungen beider Muskeln mit einander einen nahezu rechten Winkel machen. Beide werden den Giessbeckenknorpel zu drehen suchen. Die Cricoarytaenoidei postici werden die beiden Giessbeckenknorpel so zu drehen suchen, dass die beiden Processus vocales sich von einander entfernen; wenn aber das geschehen ist, und die Cricoarytaenoidei laterales ziehen sich zusammen, so drehen sie den Giessbeckenknorpel wieder so, dass die beiden Processus vocales einander genähert werden, beziehungsweise einander berühren. Man hat deshalb den Cricoarytaenoideus posticus den Oeffner der Stimmritze genannt und den Cricoarytaenoideus lateralis den Verengerer, beziehungsweise Verschliesser der Stimmritze. Diese Bezeichnung ist jedoch einseitig, denn beide Muskeln können so zusammenwirken, dass sie die Stimmritze öffnen, sogar auf ihre grösste Weite. Indem der Cricoarytaenoideus posticus den Giessbeckenknorpel umdreht und die Stimmritze öffnet, kann er derselben immer nur eine lanzettförmige Gestalt geben, denn er zieht ja, während er den Processus vocalis nach aussen wendet, gleichzeitig mit seiner drehenden Componente den Giessbeckenknorpel nach innen, er nähert die beiden Giessbeckenknorpel einander. Wenn Sie nun aber einem Individuum, das frei einathmet, mit dem Kehlkopfspiegel in den Larynx hineinsehen, so werden Sie bemerken, dass beim freien Einathmen die Stimmritze keineswegs Lanzettform hat, sondern, dass sie frei und offen ist in der Weise, wie Sie es nach Czermak nebenan abgebildet sehen. Der in perspectivischer Verkürzung gesehene Kehldeckel ist *e c*, die wahren Stimmbänder sind *z z*; *a a* sind die in perspectivischer Verkürzung gesehenen inneren Flächen der Giessbeckenknorpel; *o o* die oberen oder falschen Stimmbänder, *s* und *w* sind die von der Schleimhaut bedeckten Santorin'schen und Wrisberg'schen Knorpel, *t* die vordere Wand der

Trachea, *v v* die Eingänge in den Bronchus dexter und sinister, und *m* die in perspectivischer Verkürzung gesehene Innenseite der hinteren Kehlkopfwand. Es erschlaffen die Arytaenoidei transversi und obliqui so, dass die beiden Giessbeckenknorpel weit von einander entfernt werden können. Es geschieht dies dann, weil das Kapselband, durch welches Ringknorpel und Giessbeckenknorpel mit einander verbunden sind, hinreichend locker und weit ist, mit grosser Leichtigkeit. Nun ziehen sich der Cricoarytaenoideus posticus und lateralis gleichzeitig zusammen. Dann wirken ihre drehenden Componenten einander entgegen. Ausser der drehenden Componente haben beide Muskeln eine Componente, welche nach abwärts zieht, die also in beiden Muskeln gleichsinnig wirkt. Die Gelenkfläche, auf welcher der Giessbeckenknorpel steht, ist nach der Seite hin abschüssig, und indem die beiden Muskeln zusammenwirken und an dem Processus muscularis nach abwärts ziehen, wird jeder Giessbeckenknorpel auf dieser abschüssigen Gelenkfläche nach aussen und nach abwärts geschleift und so beide von einander entfernt. Zugleich überwiegt nun der stärkere Cricoarytaenoideus posticus mit seiner drehenden Componente, wendet den Processus vocalis nach aussen, und so wird die Stimmritze auf ihr Maximum erweitert. Wenn also die Arytaenoidei transversi und obliqui zusammengezogen sind und der Cricoarytaenoideus posticus und lateralis abwechselnd wirken, so ist der erstere der Oeffner, der letztere der Verschliesser der Stimmritze, wenn aber die Arytaenoidei transversi und obliqui erschlafft sind und der Cricoarytaenoideus posticus und lateralis, wie beschrieben, zusammenwirken, so bewirken sie eine Erweiterung der Stimmritze, wie sie beim freien Einathmen statt hat.

Fig. 89.

Ausser diesen Muskeln, deren Mechanik ich Ihnen bisher auseinandergesetzt habe, sind noch am Kehlkopfe mehr oder weniger inconstante Muskeln zu erwähnen; erstens ein Musculus thyreoarytaenoideus superior, der die drehende Wirkung des cricoarytaenoideus lateralis unterstützt, dann zwei Musculi thyreoepiglottici, Partien von Muskelfasern, welche vom Schildknorpel aufsteigen, sich an die vordere Seite und den Rand des Kehldeckels anheften und denselben beim Verschluss des Kehlkopfs, und wenn die M. aryepiglottidei wirken, nach abwärts ziehen, und ihn so auf die falsche Stimmritze herunterdrücken helfen. Dann existirt noch ein M. cricoceratoideus, dessen Wirkung man nicht näher kennt, ein kleiner inconstanter Muskel, der nach aussen vom M. cricoarytaenoideus posticus entspringt und an das absteigende Horn des Schildknorpels sich ansetzt.

Die innere Auskleidung des Kehlkopfes bildet eine Schleimhaut, welche mit Flimmerepithelium überkleidet ist. Dieses beginnt an der hinteren Fläche des Kehldeckels und kleidet den ganzen Kehlkopf aus, mit Ausnahme der wahren Stimmbänder, welche ein Pflasterepithelium tragen. In der Schleimhaut des Kehlkopfes liegt eine grosse Menge von

Schleimdrüsen, welche nach demselben Typus gebaut sind, wie die Schleimdrüsen, welche wir im Oesophagus und in der Mundhöhle kennen gelernt haben. Da, wo die Schleimhaut durch lockeres Bindegewebe von ihrer Unterlage getrennt ist, liegen die Körper der Drüsen in diesem Bindegewebe und durchbohren die Schleimhaut mit ihren Ausführungsgängen. In der Epiglottis liegen die Körper der Drüsen in dem Netzknorpel selbst, welcher die Epiglottis bildet, und darauf beruht es, dass wenn man die Epiglottis macerirt, sie hinterher wie mit einer Nadel durchprickelt erscheint. Die Löcher, welche hier entstehen, sind die Lücken, in welchen während des Lebens die Schleimdrüsen gelegen haben.

Ueber den wahren Stimmbändern bildet die Schleimhaut ein Paar grosse von vorn nach hinten gerichtete Falten, welche unter dem Namen der falschen Stimmbänder bekannt sind. Zwischen ihnen und den wahren Stimmbändern befindet sich der Eingang in die Morgagni'schen Ventrikel, zwei von der Schleimhaut ausgekleidete Taschen, welche sich zu beiden Seiten nach aufwärts und, wenn die Epiglottis heruntergelegt ist, mit ihren oberen Hörnern über die Epiglottis erstrecken. Die falschen Stimmbänder haben ihren Namen daher, dass sie den wahren Stimmbändern äusserlich ähnlich sind, aber, so viel wir wissen, nichts zur Stimmbildung beitragen.

Die Stimmbildung.

Auch die wahren Stimmbänder hat man als Schleimhautfalten bezeichnet. Diese Bezeichnung ist aber eine unrichtige, denn das wahre Stimmband ist keine Falte, sondern ein compacter Körper, ein Band, eine Brücke, welche sich im Kehlkopfe von vorn nach hinten erstreckt, und es fehlen hier selbst die Attribute der Schleimhaut. Es sind im vorspringenden Rande keine Schleimdrüsen vorhanden, und es findet sich hier auch nicht die eigenthümliche bindegewebige Grundlage, wie sie sonst das Gewebe der Schleimhäute ausmacht; im Gegentheil liegt hier gleich unter dem Pflasterepithel ein Gemenge von längsgespannten elastischen Fasern und von Bindegewebsfasern, welche das Stimmband zusammensetzen. Wenn man die wahren Stimmbänder an einer Leiche ansieht, und ihre abgerundete Kante betrachtet, so begreift man kaum, wie diese Gebilde durch einen verhältnissmässig leichten Luftzug, welcher aus der Lunge herausströmt, in Schwingungen versetzt werden. Ebenso wenig begreift man dies, wenn man sich mit Wachs oder Gyps einen Ausguss aus dem Innern des Kehlkopfes macht, wo man dann gleichfalls in diesen Ausguss die wahren Stimmbänder mit ganz stumpfen Rändern eingreifen sieht. Ganz anders aber erscheint die Sache, wenn man einem Individuum einen Kehlkopfspiegel einführt und mittelst desselben die tönende Stimmritze untersucht. Man findet dann, dass, sobald die Stimme anspricht, von jedem Stimmbande ein dünner Saum hervorspringt, und diese beiden Säume einander genähert werden, so dass nur noch ein ganz schmaler Spalt zwischen ihnen bleibt, und so wie nun die Luft ausströmt, werden sie in lebhafte Schwingungen versetzt, welche man unmittelbar mit dem Kehlkopfspiegel beobachten kann. Diese Veränderung in den Stimmbändern wird dadurch hervorgebracht, dass mittelst des M. cricoarytaenoideus lateralis und thyreoarytaenoideus der Processus vocalis

nach innen gewendet wird, und sich deshalb die vom Processus vocalis ausgehenden Fasern des Stimmbandes, die an ihrer vorderen Insertion am Schildknorpel von beiden Seiten her ganz nahe an einander gerückt sind, gerade spannen und deshalb einen schmalen, scharf gezeichneten Spalt zwischen sich lassen. Man kann dasselbe auch noch an dem Kehlkopfe einer Leiche hervorbringen. Zu diesem Ende drückt man die Processus vocales zusammen und stösst eine starke Nadel quer durch die Giessbeckenknorpel. Wenn man sie nun mittelst eines Fadens, welchen man in Achtertouren um die Nadel herumlegt, in dieser Lage festhält, so kann man einen solchen Leichenkehlkopf anblasen und kann ihm, je nachdem man die Stimmbänder mehr oder weniger spannt, höhere oder tiefere Töne entlocken. Diese Töne gleichen denjenigen, welche ich vor längerer Zeit von einem Wahnsinnigen gehört habe, der mit einem Rasirmesser zwischen Kehlkopf und Zungenbein eingedrungen war bis auf den Schlund, so dass er die vordere Schlundwand noch durchschnitten und mithin das ganze Ansatzrohr, die ganze Rachen- und Mundhöhle von dem eigentlichen Stimmwerke, vom Kehlkopfe getrennt hatte.

Wir haben früher gesehen, dass die Stimmbänder durch den M. cricothyreoideus in der Richtung von vorn nach hinten angespannt werden. Nun lassen sich auf jedes System von Fasern, welches nur in einer Richtung gespannt ist, die Lehrsätze anwenden, welche für schwingende Saiten gelten. Diese können wir deshalb auch anwenden auf die von vorn nach hinten gespannten Stimmbänder des Menschen.

Es ist Ihnen bekannt, dass die Schwingungsdauer einer Saite in geradem Verhältnisse wächst mit ihrer Länge, so dass also die Schwingungszahl der Saite, das heisst die Anzahl der Schwingungen, welche die Saite in der Zeiteinheit vollendet, im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer Länge steht. Diejenigen Menschen also, welche längere Stimmbänder haben, haben im Allgemeinen eine tiefere Stimme, diejenigen Individuen, welche kürzere Stimmbänder haben, haben im Allgemeinen eine höhere Stimme. Die längsten Stimmbänder haben die ausgewachsenen Männer, und diese haben deshalb auch die tiefsten Stimmlagen, entweder Bass oder, wenn sie kürzere Stimmbänder haben, Tenor. Die kürzesten Stimmbänder haben die kleinen Kinder. Die Stimmbänder wachsen bis zu einer gewissen Zeit allmälig, dann nehmen sie beim Weibe nur noch wenig zu, während sie beim Manne sich während der Pubertätsentwickelung in verhältnissmässig kurzer Zeit verlängern. Deshalb singen Knaben, Mädchen und auch Frauen Sopran und Alt, während die Stimme der Männer während der Zeit des sogenannten Mutirens, je nach dem Wachsthume, welches der Kehlkopf erfährt, entweder in Tenor oder in Bass übergeht. Wenn den Knaben vor dem Mutiren die Hoden ausgerottet werden, wenn sie castrirt werden, so stellen sich diese Veränderungen nicht ein. Ihre Stimmbänder bleiben verhältnissmässig kurz, sie bekommen keinen stark nach vorn entwickelten Kehlkopf, keinen sogenannten Adamsapfel, und sie sind deshalb während ihres ganzen Lebens im Stande, Sopran oder Alt zu singen. Bekanntlich wurde früher in Italien eine grosse Anzahl von Knaben zu musikalischen Zwecken castrirt, während in neuerer Zeit, seit das Castriren der Knaben im Occident bestraft wird, dergleichen junge Castraten aus dem Oriente bezogen und im Gesange ausgebildet wurden.

Ausser von der Länge ist aber auch die Schwingungszahl einer Saite abhängig von ihrer Spannung, und zwar wachsen die Schwingungszahlen bei wachsender Spannung nach den Quadratwurzeln der spannenden Gewichte. Die Schwingungsdauer steht also im umgekehrten Verhältnisse mit den Quadratwurzeln aus den Zahlen der spannenden Gewichte. Je stärker also das Stimmband angespannt wird, um so mehr geht der Ton in die Höhe, und jedes Individuum kann deshalb durch Spannung seiner M. cricothyreoidei den Ton seiner Stimme bis zu einem gewissen Grade treiben. Man hat sogar eine Zeit lang geglaubt, dass dies das einzige Mittel sei, durch welches wir mit der Bruststimme aus den tieferen Tönen in die höheren aufsteigen. Garcia aber, der den Kehlkopfspiegel zuerst mit Erfolg angewendet und namentlich zur Untersuchung der Mechanik des Singens benützt hat, zeigte, dass dem nicht so sei; sondern dass wir auch beim Hinaufgehen unsere Stimmbänder verkürzen und zwar dadurch, dass die Processus vocales stärker auseinandergedrängt werden, und dadurch der hintere Theil der Stimmbänder so gegeneinander gedrückt wird, dass er nicht mitschwingt, dass ein Knoten entsteht, in ähnlicher Weise, wie ein solcher an einer Violinsaite dadurch erzielt wird, dass man den Finger auf die Saite aufsetzt und sie niederdrückt. Rühlmann hat darauf aufmerksam gemacht, dass möglicher Weise im vorderen Theile des Stimmbandes ein zweiter Knoten gebildet werden kann. Hier liegt ein kleines knorpelartiges Gebilde, das man als Luschka's vorderen Sesamknorpel bezeichnet. Ein Theil der Fasern der inneren Partie des Musculus thyreoarytaenoideus, welche man als Thyreoarytaenoideus internus bezeichnet, heftet sich an denselben; andere ziehen nach aussen hart an ihm vorüber. Es ist also wohl möglich, dass diese Fasern, indem sie sich anspannen, beide Sesamknorpel aneinander drängen und so einen vorderen Knoten bilden. Auf der Erzeugung solcher Knoten im vorderen oder hinteren Theile der Stimmritze beruht es wohl, dass die Sänger einhellig angeben, dass, wenn sie angesetzt hätten zu einem gewissen Tone, sie dann durch eine Reihe von Tönen aufsteigen könnten, ohne etwas in ihrem Kehlkopfe zu verändern, dass sie aber dann, wie sie sich ausdrücken, einen neuen Einsatz nehmen müssten, um wieder weiter im Tone aufsteigen zu können. Es erklärt sich dies so, dass sie erst ihre Giessbeckenknorpel und ihre Processus vocales in einer bestimmten Lage fixiren, dann durch Anspannen der Stimmbänder mittelst des Cricothyreoideus aufsteigen, so weit sie können; dann aber, wenn sie noch weiter aufsteigen sollen, erst ihre Processus vocales stärker aneinanderdrängen, mit einer schwächeren Spannung der Stimmbänder anfangen und nun wiederum durch stärkere Spannung der Stimmbänder aufsteigen.

Diese Art der Stimmbildung bei welcher das Stimmband, so weit es nicht durch Aneinanderdrängen der Processus vocales festgestellt ist, als Ganzes und in seiner ganzen Breite gleichsinnig schwingt, ist nicht die einzige. Es ist Ihnen bekannt, dass Männer, welche doch an sich eine verhältnissmässig tiefe Stimme haben, mit schwächerer Stimme auch in einer verhältnissmässig hohen Tonlage singen können. Man nennt diese veränderte Stimme die Fistelstimme. Ich habe in Heidelberg einen Studenten gekannt, der das Duett zwischen Don Juan und Zerline allein sang, den Don Juan mit Bruststimme, die Zerline mit Fistelstimme.

Ueber die Art und Weise, wie das Falset zu Stande kommt, hat Oertel in neuerer Zeit Aufschluss erlangt, indem er die Bewegungen der Stimmbänder mittelst stroboskopischer Scheiben, nach dem Bd. II auseinanderzusetzenden Principe beobachtete. Er fand, dass hier Rand und Aussenstück in entgegengesetztem Sinne schwang, so dass sich also jederseits eine von vorn nach hinten verlaufende Knotenlinie gebildet hatte. Bei höheren Falsettönen konnten sich jederseits drei solcher Knotenlinien bilden, so dass dann jedes Stimmband, die Randzone mitgerechnet, in vier schwingende Theile zerlegt war. Auf die Höhe des Tones der Stimme hat man auch der Weite, der Oeffnung der Stimmritze einen wesentlichen Einfluss zugeschrieben, aber mit Unrecht. Thatsächlich ist die Tonhöhe in dem Sinne unabhängig von der Weite der Stimmritze, dass ein und derselbe Ton bei weiterer und engerer Stimmritze hervorgebracht werden kann. Man kann das nicht sowohl wahrnehmen bei der Bruststimme, weil die Bruststimme überhaupt nur bei relativ enger Stimmritze hervorgebracht werden kann; sehr deutlich aber bei der Fistelstimme. Wenn diese schwach angegeben wird, so sieht man die Stimmritze dabei bisweilen verhältnissmässig weit offen, und man bemerkt dabei das Vibriren der Ränder der Stimmbänder. Wenn man aber den Sänger denselben Ton immer stärker und stärker angeben lässt, so verengert sich die Stimmritze, bis sie endlich einen ganz schmalen Spalt bildet. Der Grund hievon ist leicht einzusehen: wenn der Sänger seinen Ton verstärken will, so kann er dies nur dadurch, dass er die Luft seiner Brusthöhle unter einen stärkeren Druck setzt. Wenn er sie aber unter einen stärkeren Druck setzt, würde sie zu rasch ausfliessen, wenn er hiebei die weite Stimmritze behielte, welche er beim piano gehabt hat; es würde die Luft mit solcher Geschwindigkeit ausfliessen, dass er den Ton nicht halten könnte, und deshalb muss er, je stärker er den Ton angibt, um so mehr die Stimmritze verengern.

Flüsterstimme, Vocale, Consonanten.

Ausser der Bruststimme und der Fistelstimme unterscheiden wir noch die sogenannte Flüsterstimme, vox clandestina. Die Flüsterstimme ist aber eigentlich keine Stimme. Unter Stimme verstehen wir wesentlich die tönende Stimme, und Töne werden bekanntlich nur dadurch erzeugt, dass die Luft in regelmässige, periodische Schwingungen versetzt wird. Nicht so verhält es sich bei der Flüsterstimme. Die Flüsterstimme ist ein blosses Geräusch. Sie wird dadurch hervorgebracht, dass die Stimmritze zwar mässig verengert wird, dass aber die Processus vocales nicht so gestellt werden, dass jener dünne membranartige Rand vorspringt, von dem ich früher gesprochen, und vermöge dessen das Stimmband zum Ansprechen geeignet wird. Das Stimmband setzt vielmehr dem Strome der Luft eine mehr stumpfe Kante entgegen, die Luft, indem sie vorübergeht, reibt sich an dem Stimmbande, und so werden unregelmässige Impulse und damit ein Geräusch erzeugt. Die Flüsterstimme dient uns dazu, den Ton der Stimme zu ersetzen, wenn wir leise sprechen. Die Flüsterstimme wird dann ebenso den Vocalen und den tönenden Consonanten mitgegeben, wie beim lauten Sprechen die tönende Stimme den Vocalen und den tönenden Consonanten mitgegeben wird.

Abgesehen von der Stimme werden die wesentlichen Bedingungen für die meisten Vocale und Consonanten in der Mundhöhle hergestellt, aber gewisse Sprachelemente haben ihren Ursprung im Kehlkopfe. Dazu gehört zunächt das H. Wenn Sie die Stimmritze etwas mehr erweitern, wie sie bei der Flüsterstimme erweitert ist, aber doch nicht auf ihr Maximum, so geht ein breiter Luftstrom, der gegen die Rachenwand anfällt, mit einem schwachen Reibungsgeräusche aus der Stimmritze heraus, und das Reibungsgeräusch, welches er hier macht, und welches noch durch seinen Anfall an die Rachenwand modificirt wird, ist der Laut des gewöhnlichen H. Ausser diesem gewöhnlichen H haben die Araber noch ein verstärktes H, welches dadurch hervorgebracht wird, dass die Stimmritze zwar nicht zum Tönen verengt wird, dass aber bei etwas von einander entfernten Giessbeckenknorpeln die Processus vocales gegen einander gewendet sind, so dass sie vorspringende Ecken bilden, Grenzpfeiler zwischen einem vorderen Theile der Stimmritze, welcher zwischen den Stimmbändern liegt, und welchen man als Glottis vocalis bezeichnet, und einem hinteren Theile der Stimmritze, welcher zwischen den Giessbeckenknorpeln und zwischen den beiden Ligamentis triquetris liegt, und den man seltsamer Weise mit dem Namen Glottis respiratoria bezeichnet. Ueber der so gestalteten Stimmritze wird dann noch der Kehlkopfeingang verengt, indem sich die Musc. cricoarytaenoidei obliqui und die Musc. aryepiglottidei zusammenziehen, somit die Giessbeckenknorpel und der Kehldeckel einander genähert werden, und auch die falschen Stimmbänder näher gegen einander treten, so dass hier eine Reihe von Anfractuositäten gebildet wird, an denen sich die Luft mit einem starken, rauhen Geräusche reibt, welches dieses starke H der Araber darstellt.

Auch der einfache Verschluss des Kehlkopfes, das einfache Aneinanderdrücken der Stimmbänder ist ein Sprachelement. Wir bezeichnen in unserer Schrift den Verschluss der Stimmritze nicht besonders, weil er überall da stattfindet, wo ein Wort mit einem Vocal anfängt, und weil er bei uns im Innern der Wörter seltener vorkommt. Bei den Griechen aber wurde er durch ein eigenes Schriftzeichen, durch den Spiritus lenis ausgedrückt. Wenn der beginnende Vocal angesprochen werden sollte aus der verschlossenen Stimmritze, so bekam er den sogenannten Spiritus lenis, und wurde dann so angesprochen wie bei uns alle anlautenden Vocale, wenn er dagegen den Spiritus asper erhielt, so wurde er mit offener Stimmritze angesprochen, und zwar bei mässig entfernten, sich dann einander nähernden Stimmbändern, so dass ihm ein Reibungsgeräusch, ein H vorherging. Die Araber betrachten den Verschluss der Stimmritze geradezu als einen Consonanten, welchen sie mit dem Namen Hamze bezeichnen. Es kommt bei ihnen dieser Verschluss als Sprachelement nicht nur zu Anfang, sondern auch in der Mitte und selbst zu Ende der Wörter vor, und deshalb haben sie für ihn ein eigenes Schriftzeichen, welches sie mit zu den Consonantenzeichen rechnen.

Wenn man die Stimmbänder aneinander drückt und ihren Verschluss gewaltsam durchbricht, dabei aber die Stimmbänder noch weiter aneinander drückt, so dass die Luft in kleinen Explosionen fortgeht, so erzeugt man dadurch ein knarrendes Geräusch. So lange die Stimmritze nur verengt ist, so lange erleidet die Luft nur Verdichtungen und Verdünnungen,

welche je nach der Schwingungsdauer der Stimmbänder einen höheren oder tieferen Ton geben; wenn man aber die Stimmbänder aneinander drückt, wird jedesmal die Luft vollständig abgeschnitten, es werden nur successiv und rasch hinter einander kleinere Luftquantitäten hinausgestossen, welche durch die rasch auf einander folgenden Explosionen jenes knarrende Geräusch erzeugen. Dieses Geräusch ist das Ain der Araber. Es führt den Namen Ain, Auge, nach dem Schriftzeichen, welches die Araber dafür haben. Es ist der Anfangsconsonant z. B. in Adam, Ali, wo wir keinen Consonanten sprechen, weil wir diese Wörter einfach aus dem Kehlkopfverschlusse ansprechen, während die Araber sie mit jenem knarrenden Geräusche ansprechen, welches den für den Europäer so schwer auszusprechenden arabischen Consonanten Ain repräsentirt.

Die Vocale entstehen nicht im Kehlkopfe, sondern in der Mund- und in der Rachenhöhle, in dem Ansatzrohre, welches an das Stimmwerk angesetzt ist, und zwar entstehen sie durch Reflexionen, welche die Schallwellen, die aus dem Kehlkopfe herauskommen, in diesem Ansatzrohre erleiden. Wenn verschiedene Wellensysteme, direct fortschreitende und reflectirte, auf einander treffen, so setzen sich, wie Sie wissen, die Impulse zusammen nach dem Gesetze von der Coexistenz der kleinsten Bewegungen, ähnlich wie sich auf einem Wasserspiegel auch die fortschreitenden und die reflectirten Wellen zusammensetzen, nur dass die Wasserwellen Transversalwellen sind, während man es beim Schall mit Longitudinalwellen zu thun hat. So entstehen also in der Mund- und Rachenhöhle complicirte Wellensysteme, welche an unser Ohr gelangen und dort wieder in verschiedene Systeme von pendelartigen Schwingungen zerlegt werden, wie wir das später in der Akustik werden kennen lernen. Vermöge dieser verschiedenen Systeme von pendelartigen Schwingungen, die wir durch eine Art physiologischer Analyse erhalten, werden verschiedene Arten von Nervenfasern in unserem Ohre erregt, und dadurch werden uns qualitativ verschiedene Tonempfindungen erzeugt, welche wir mit dem Namen der verschiedenen Färbungen der Stimme belegen. Unter die Kategorie dieser verschiedenen Färbungen fallen auch die Vocale; sie werden alle dadurch hervorgebracht, dass man dem Ansatzrohre verschiedene Dimensionen und verschiedene Gestalt gibt. Man kann die Vocale in eine natürliche Reihenfolge bringen, die aber nicht lautet a e i o u, sondern i e a o u. Beim i ist das Ansatzrohr am kürzesten, indem der Kehlkopf am höchsten gehoben wird, die Lippen zurückgezogen werden und die Mundspalte der Breite nach erweitert wird. Zugleich ist beim i die Ausflussöffnung relativ gross, wegen der in die Breite gezogenen Mundspalte. Beim u dagegen ist das Ansatzrohr am längsten, indem der Kehlkopf herabgezogen wird, und die Mundöffnung nach vorn geschoben und zugleich verengt wird, da ja die Lippen in eine runde Oeffnung zusammengezogen werden. Sie sehen also, dass hier ähnliche Mittel in Anwendung gebracht werden, um auf den ursprünglichen Ton zu wirken, wie dies bei der Physharmonika der Fall ist. Ausserdem ist beim i und e der Mundkanal in eine vordere und hintere Abtheilung gebracht, indem die Zunge in der Mitte gehoben und dem Gaumen genähert wird. Man hat zu verschiedenen Zeiten künstliche Maschinen gebaut, welche die menschliche Sprache nachahmen sollten. Zuerst hat

Wolfgang von Kempelen ein solches Instrument verfertigt, das, so weit es sich um Erzeugung der Vocale handelte, aus einem Stimmwerke und einem Kautschuktrichter bestand. Dadurch, dass er letzteren mit der Hand in verschiedener Weise und mehr oder weniger deckte, und so die Resonanz des Stimmwerkes veränderte, ahmte er die verschiedenen Vocale nach. Zu derselben Zeit hat Kratzenstein, Professor der Physik in Jena, um eine Preisaufgabe der Petersburger Akademie zu lösen, die verschiedenen Vocale dadurch nachgeahmt, dass er auf ein Stimmwerk Ansatzröhren von verschiedener Form und verschiedenen Dimensionen setzte.

Wenn man Kempelen's Vocaltrichter aus Holz nachbildet, in den Hals ein Stimmwerk, eine der Stimmen, wie sie zum Bau einer Mundharmonika verwendet werden, einsetzt, und die vordere breitere Oeffnung durch ein Brett mehr oder weniger verschliesst, so wird der Ton merklich vocalisch verändert. Der Trichter gibt a, o und u ziemlich deutlich; a bei der grössten, u bei der kleinsten Oeffnung. Die Vocale e und i lassen sich auf diesem Wege nicht erkennbar hervorbringen. Willis hat einen andern, flacheren Vocaltrichter construirt, welcher ein erkennbares e, aber auch kein i gibt. Es hängt dies damit zusammen, dass die Bedingungen, welche zum Entstehen des i nöthig sind, nicht erfüllt werden. Erstens müsste, wie dies bei der Mundhöhle geschieht, die Höhle des Trichters in zwei Theile getheilt werden können, und ausserdem kommt noch hinzu, dass beim Hervorbringen des i auf natürlichem Wege die die Mundhöhle umgebenden Theile viel stärker mitschwingen, als bei anderen Vocalen. Das ist auch den Taubstummenlehrern bekannt, und sie lehren den Taubstummen das i erkennen, indem sie seine Hand auf ihren Kopf legen, während sie i anhaltend hervorbringen, wo er dann ein Schwirren fühlt, welches er nicht wahrnimmt, wenn ein a oder o oder ein anderer sogenannter offener Vocal lautet.

Die reinen Vocale werden hervorgebracht bei geschlossener Gaumenklappe; wenn die Gaumenklappe geöffnet wird, so sind die Vocale nasalirt. Man hat dies bestritten und hat dagegen angeführt, das Oeffnen der Gaumenklappe könne es nicht sein, was das Nasaliren hervorruft, weil man ja mit zugehaltener Nase ganz gut nasaliren könne. Man hat aber hier verkannt, was eigentlich das Wesentliche sei. Es ist ja nicht behauptet worden, dass das Nasaliren dadurch entsteht, dass die Luft aus der Nase ausströmt. Das Nasaliren entsteht dadurch, dass die Luft in der Nasenhöhle in Mitschwingungen geräth. Wenn ich die Nase zuhalte, so thue ich nichts Anderes, als dass ich ein offenes Ansatzrohr in ein geschlossenes verwandle, in welchem jetzt die Luft im Allgemeinen noch besser mitschwingt als in einem offenen Ansatzrohre. Dass wirklich bei den reinen Vocalen die Gaumenklappe geschlossen ist und beim Nasaliren offen, davon kann man sich überzeugen, indem man die Flamme eines Wachsstockes in die Nähe der Nase hält, so dass sie getroffen wird von Luft, welche aus der Nase kommt, aber nicht von der, welche aus der Mundhöhle ausströmt. So lange man einen reinen Vocal spricht oder singt, bleibt die Flamme ruhig, sowie man nasalirt, flackert die Flamme. Ein anderes, noch empfindlicheres Verfahren hat Czermak angegeben. Er bringt einen Spiegel, der hinreichend warm ist, um nicht zu beschlagen, wenn man ihn an die Haut ansetzt, mit der spiegelnden Fläche

nach oben gewendet, an die Oberlippe und spricht oder singt einen reinen Vocal; dann beschlägt der Spiegel nicht: beim Nasaliren dagegen entsteht sofort ein Beschlag.

Czermak hat auch gezeigt, dass bei verschiedenen Vocalen das Gaumensegel verschieden stark angezogen wird, am wenigsten beim a, am meisten beim i, dem am meisten geschlossenen Vocal. Der Grund davon ist leicht einzusehen. Wenn die Luft vorn frei ausfliessen kann, so braucht der Verschluss gegen die Nasenhöhle hin nur ein lockerer zu sein; wenn die Luft aber durch einen engen Kanal ausgetrieben werden soll, so muss das Gaumensegel schärfer hinaufgezogen werden, um einen festeren Verschluss zu bilden, damit die Luft nicht gegen die Nasenhöhle hin durchbreche und die Luft in derselben in Mitschwingungen versetze. Um das Factum zu beweisen, biegt er einen Draht rechtwinklig um und wickelt dann das eine Ende desselben in eine in der Fläche liegende Spirale auf. Diesen Draht führt er durch den unteren Nasengang ein, so dass die Spirale, welche er, um ihr ihre Rauhigkeiten zu nehmen, mit Wachs bekleidet hat, auf dem Gaumensegel ruht. So wie das Gaumensegel sich hebt, wird dies merklich durch eine seitliche Schwankung des Drahtes, der zur Nase heraushängt. Wenn man von a durch ä und e in i übergeht, so bemerkt man, dass die Ablenkung immer stärker wird, zum Zeichen, dass beim i das Gaumensegel stärker hinaufgezogen wird als bei den anderen Vocalen.

Von den Consonanten beruhen nur die M-, N- und NG-Laute, wie die Vocale, lediglich auf Resonanz. Sie unterscheiden sich von den Vocalen dadurch, dass bei ihnen die Mundhöhle irgendwo geschlossen wird, entweder mit den Lippen, oder mit dem vorderen Theil der Zunge, oder mit dem mittleren oder hinteren Theile der Zunge, während bei den Vocalen der Mundkanal in seiner ganzen Länge offen ist. Weil diese Consonanten wie die Vocale auf Resonanz beruhen, sind sie auch als Halbvocale bezeichnet worden. Die übrigen Consonanten werden alle bei geschlossener Gaumenklappe gebildet, und es tritt entweder ein Verschluss im Mundkanale ein, das geschieht bei b, p, d, t, g und k, oder es wird irgendwo ein von der Stimme unabhängiges accessorisches Geräusch gebildet, welches entweder für sich allein den Consonanten repräsentirt, wie dies bei den tonlosen Consonanten der Fall ist, oder welches neben dem Tone der Stimme erscheint, wie dies bei den tönenden Consonanten der Fall ist.

(Ende des ersten Bandes.)

Druck von Adolf Holzhausen in Wien,
k. k. Hof- und Universitäts-Buchdrucker.





